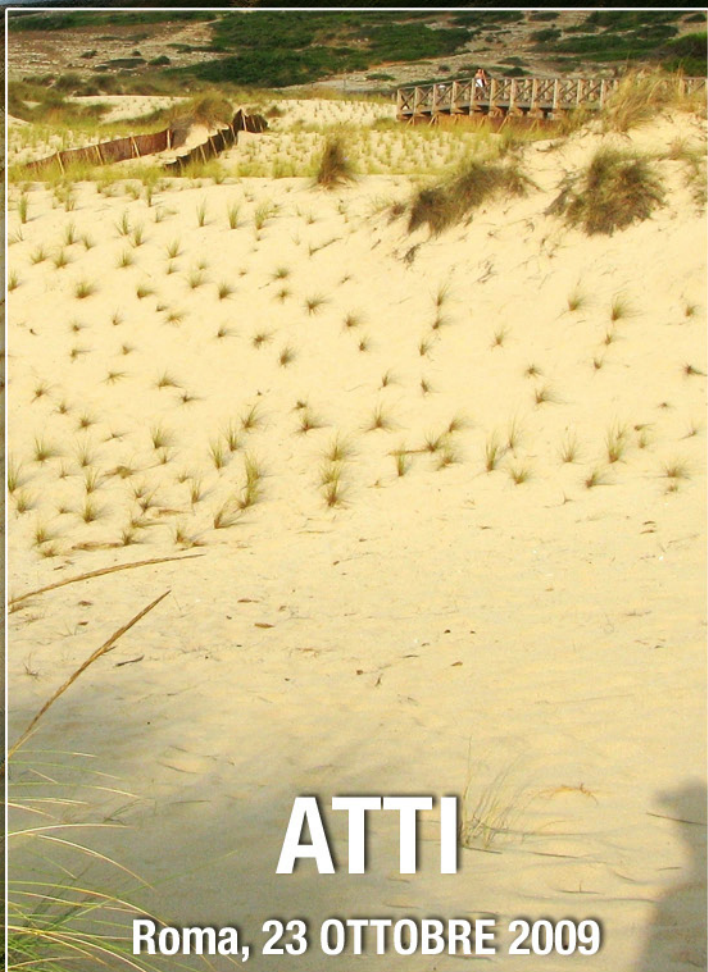
SOS DUNE

Stato, problemi, interventi, gestione

ISPRA - CATAP

CONVEGNO

SOS DUNE

Stato, problemi, interventi, gestione

ATTI

Roma, 23 OTTOBRE 2009

ISPRA - CATAP

Autori

Il volume, a cura di Luciano Onori, Corrado Battisti e Federico Boccalaro, è stato redatto con il contributo dei seguenti Autori:

Amodio Massimo - Studio Associato GEOSPHERA
massimo.amodio@geosphera.191.it

Battisti Corrado - Provincia di Roma, Servizio Ambiente
c.battisti@provincia.roma.it

Benvenuti Stefano - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie
sbenve@agr.unipi.it

Bertoncini Lara - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie
seg1dbpa@agr.unipi.it

Bianco Pietro Massimiliano - ISPRA, Dipartimento Difesa della natura - Servizio Carta della Natura
pietro.bianco@isprambiente.it

Boccalaro Federico - Area Tematica Gestione Coste di SIGEA, Roma
naides@fastwebnet.it

Bovina Giancarlo - Studio Associato GEOSPHERA
giancarlo.bovina@geosphera.191.it

Cantasano Nicola - ISAFOM – CNR, Rende (CS)
n.cantasano@isafom.cs.cnr.it

Capizzi Dario - ARP Regione Lazio
capizzi.arp@parchilazio.it

Carta Angelino - Collaboratore dell'Orto Botanico dell'Università di Pisa
angelino_carta@yahoo.it

Chieco Michele - Ufficio Parchi e Riserve Naturali Regione Puglia
m.chieco@regione.puglia.it

Cornelini Paolo - AIPIN Lazio
paolocornelini@libero.it

Dacquino Carlo - ISPRA, Dipartimento Tutela delle Acque interne e marine - Servizio Difesa delle coste
carlo.dacquino@isprambiente.it

De Falco Giovanni - Istituto per l'Ambiente Marino Costiero IAMC - CNR

giovanni.defalco@cnr.it

De Muro Sandro - Dipartimento Scienze della Terra, Università degli Studi di Cagliari
demuros@unica.it

De Pietro Francesco - Comitato Amici Dune di Lacona
francedep@gmail.com

Fattori Cristiano - ARP Regione Lazio
cfattori@regione.lazio.it

Galleri Arnaldo - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie
arnaldo.galleri@gmail.com

Ginanni Marco - Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi"
ginanni@tiscali.it

Mancinella Dario - ARP Regione Lazio
mancinella.arp@parchilazio.it

Montinaro Silvia - ARP Regione Lazio
montinaro.arp@parchilazio.it

Moretti Vincenzo - Ufficio Parchi e Riserve Naturali Regione Puglia
v.moretti@regione.puglia.it

Moscheni Elisabetta - Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi"
elisabetta.moscheni@avanzi.unipi.it

Onori Luciano - ISPRA - Dipartimento Difesa della Natura, Servizio Aree Protette e Pianificazione Territoriale
luciano.onori@isprambiente.it

Pace Francesca - Ufficio Parchi e Riserve Naturali Regione Puglia
f.pace@regione.puglia.it

Perfetti Antonio - Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli
a.perfetti@sanrossore.toscana.it

Pignatti Sandro - Università degli Studi di Roma “La Sapienza”
sandro.pignatti@gmail.com

Sauli Giuliano – AIPIN
aipin@aipin.it

Simeone Simone - Fondazione IMC, Centro Marino Internazionale ONLUS, Oristano

s.simeone@imc-it.org

Tufano Massimo - ARP Regione Lazio
mtufano@regione.lazio.it; tufano@parchilazio.it

Vernieri Paolo - Università di Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie
pvernier@agr.unipi.it

Zanichelli Franca - Parco Nazionale Arcipelago Toscano
direzione@islepark.it

INDICE

PRESENTAZIONE

Nel 2008, presso L'ISPRA, è stato istituito un gruppo di lavoro per svolgere attività conoscitive e di ricerca relative al "Ripristino degli ecosistemi marino-costieri" al fine di realizzare il primo Repertorio nazionale degli interventi di ripristino degli ecosistemi marino-costieri nelle Aree Protette, i cui risultati sono contenuti nel Rapporto ISPRA 100/2009 "*Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree Protette*".
Questo lavoro, in coerenza con le finalità dell'Istituto ed in sintonia con le Convenzioni internazionali e le Direttive europee di protezione dell'ambiente, ha cercato di individuare una strategia metodologica per la difesa degli ecosistemi marino-costieri, ma anche degli ambienti umidi retrodunali, che sono tra gli ecosistemi più vulnerabili e più seriamente minacciati non solo a livello nazionale, ma anche mondiale.
I risultati della ricerca, riportati nel citato Rapporto tecnico ISPRA 100/2009, sono stati, illustrati nel Convegno "SOS Dune", organizzato da ISPRA e CATAP a Roma, nella sala Auditorium dell'Istituto.
In questo volume sono stati raccolti i contributi dei relatori intervenuti.
Tutti i Relatori intervenuti hanno manifestato la necessità di intraprendere azioni efficaci ed ecocompatibili di protezione e/o di ripristino di questi ambienti. È chiaro che tali azioni, per risultare adeguate, oltre che essere basate su presupposti derivati dalla ricerca scientifica devono superare interessi settoriali e/o locali e, soprattutto, prendere in considerazione le ricadute sugli ambienti terrestri limitrofi.
Una visione unitaria ed integrata nell'approccio alle problematiche della costa si rende sempre meno procrastinabile nel nostro paese, perché le strategie di promozione di uno sviluppo socio-economico rispettoso del bene ambiente non possono più prescindere da forme di programmazione che vedano interventi coerenti con le politiche regionali, nazionali e comunitarie.

Ing. Luciano Bonci
Dirigente del Servizio aree protette e
pianificazione territoriale
Dipartimento difesa della natura
ISPRA

INDIRIZZO DI SALUTO

La prima volta che mi occupai delle dune fu quando fui chiamato dal Comune di Roma per indagare sul deperimento della Pineta comunale di Castelfusano; erano gli anni settanta, allora lavoravo alla Forestale. Furono analizzate le acque sotterranee, i suoli, le piante della foresta e della macchia mediterranea che ammantava il cordone dunale, o meglio quello che ne rimaneva, le modificazioni del clima locale: alla fine risultò che la causa scatenante della moria del bosco situato alle spalle della duna era proprio la manomissione dello stesso sistema dunale, con i varchi artificiali aperti nella sua compagine geomorfologica e con la cattiva gestione della vegetazione dunale.
Un'altra esperienza fu, negli anni ottanta, quella della Duna Feniglia, la Riserva Naturale che limita a sud la laguna di Orbetello. Nell'arco di pochi anni il cordone dunale era stato soggetto ad una erosione marina aggressiva che oltre a demolirlo in alcune sue parti aveva ridotto sensibilmente la spiaggia antistante. Le indagini sedimentologiche, geomorfologiche e climatiche dimostrarono che si era manifestata una sinergia di cause devastanti, da una parte una modifica del regime dei venti locali e dall'altra la realizzazione del porto turistico di Cala Galera, all'estremità ovest del Tombolo di Feniglia, che costituiva una trappola per i sedimenti che altrimenti andavano a ripascere la spiaggia. La spiaggia veniva così assottigliata e non costituiva più una barriera per la Duna retrostante, investita direttamente dai marosi. Veniva colpita anche la vegetazione retrostante il cordone dunale.
Altre esperienze, come quella del Golfo di Metaponto, mi portarono ad interessarmi sempre più alle dune, in quanto tipico ecosistema dove le varie componenti ambientali coesistono in un equilibrio dinamico ma molto fragile, territorio ignorato dai più a cominciare dalle Amministrazioni comunali che hanno il dovere di gestirle, tanto è vero che mentre da una parte il Comune di Roma mi affidava l'incarico di studiare le cause del deperimento della sua pineta, dall'altra la sfondava realizzando un grosso fabbricato (anche se pubblico) proprio asportando un bel tratto di cordone dunale, a fianco di Via Cristoforo Colombo.
E poi tutti pensano alla spiaggia, a difenderla o a sfruttarla, perché evidentemente è un bene economico di tutto rispetto; guai a toglierci la spiaggia, meta agognata delle nostre vacanze, ma pochi pensano alla duna, alcuni ignorando che spiaggia e duna sono un tutt'uno, senza una non può esistere l'altra.
Questo per spiegare come tra la fine del 2008 e gli inizi del 2009 dovendo programmare la SIGEA gli eventi del 2009, pensai ad una iniziativa che riportasse in primo piano le dune, sorelle bistrattate delle spiagge, trovando subito d'accordo Luciano Onori, che era responsabile di un progetto di indagine sulle dune in ISPRA e Federico Boccalaro, ingegnere naturalista attivo in AIPIN e SIGEA, che aveva alle spalle esperienze di rinaturalizzazione di spiagge emerse e sommerse.

Giuseppe Gisotti
geologo e forestale
presidente SIGEA

1. LA FUNZIONE ECOLOGICA DELLE DUNE

di Sandro Pignatti

Premessa

Quando la sabbia si accumula per effetto dell'azione del vento, assumendo una struttura in qualche modo ordinata, si hanno particolari forme del terreno (*landforms*) indicate come "dune". La sabbia rimane comunque un substrato sciolto, incoerente, quindi le dune sono strutture effimere, che per un cambiamento delle condizioni esterne possono facilmente dissolversi o eventualmente andare a costituire altre strutture analoghe in un luogo differente.
In Italia le dune si formano quasi esclusivamente lungo i litorali sabbiosi, per l'azione delle brezze marine, dove si abbia deposizione di sabbia di trasporto fluviale. Si tratta di un'azione relativamente moderata, ed altrettanto moderate sono le dimensioni delle dune: 3-4 m di altezza, raramente fino a 5-6 m.
Sulle coste degli oceani i complessi dunali hanno dimensioni cospicue, ad es. sulla costa occidentale del Marocco possono arrivare a 15 m e più; la Grande Duna Somala, che fronteggia la costa dell'Oceano Indiano per oltre 1500 km, raggiunge spesso 20-30 m di altezza.
Nei deserti continentali si formano sistemi di dune con estensioni incomparabilmente maggiori: ad es., nel *Great Sandy Desert* (Australia Occidentale) si è sviluppato un sistema con quasi un migliaio di dune parallele, lunghe decine o centinaia di km, che complessivamente coprono una superficie paragonabile a quella dell'Italia; però, anche in questo caso, l'altezza della duna solo raramente supera i 10 m.
Nonostante queste differenze nella genesi, nella collocazione e nelle dimensioni, le dune mantengono caratteristiche comuni, dovute soprattutto all'azione del vento ed all'incoerenza del substrato.
Negli ambienti dei deserti della fascia tropicale, il sommarsi di questi fattori determina condizioni che impediscono la vita vegetale, ed in questo caso si hanno spesso dune mobili; invece, quando le condizioni ambientali permettono lo sviluppo di vegetazione, le dune raggiungono in generale uno stato di relativa stabilità.
Nel nostro paese, come già accennato, le dune sono diffuse solamente lungo le coste; rari esempi di dune continentali esistevano nell'alta pianura Padana, ma sono quasi cancellati dall'espansione dell'habitat umano. Le dune costiere, invece, fino alla metà del secolo scorso costituivano spesso imponenti sistemi, ad es. sulla costa dell'Alto Adriatico da Grado a Rimini, e poi ancora tra Termoli ed il Gargano, sulla costa ionica della Basilicata, lungo il Tirreno dalla foce del Volturno a quella del Tevere, da Tarquinia a Orbetello, nel Grossetano e dalla foce dell'Arno alla Versilia; anche in Sicilia e Sardegna si avevano ampi sistemi di dune litoranee.
Molti elementi della nostra cultura e fatti storici sono legati a queste spiagge, dal mitico sbarco di Enea fino alla morte di Caravaggio, la ritirata di Garibaldi dopo la difesa di Roma; le spiagge venete hanno ispirato Goethe, Th. Mann e, più recentemente, alcune poesie di Biagio Marin. Questi ambienti sono oggi in gran parte alterati o spesso completamente manomessi. La conservazione dei pochi esempi ancora esistenti è dunque una priorità, dal punto di vista ambientale e culturale.
La vita sulle dune mette le piante di fronte a difficili problemi di sopravvivenza. La sabbia, infatti, ha una scarsa capacità di trattenere l'acqua, e pertanto il suolo è per lo più secco, anche nei paesi con abbondanti precipitazioni; inoltre, la forte insolazione e l'azione del vento aumentano la traspirazione dei vegetali, che vengono a trovarsi in condizioni di forte stress idrico. Per questo motivo, le piante che sono in grado di

vivere sulle dune formano gruppi altamente selezionati: per la flora mediterranea si tratta di poche decine di specie, meno di un centinaio. Esse hanno sviluppato adattamenti specifici che si possono osservare anche in gruppi vegetali molto differenti: riduzione dell'apparato fogliare, sviluppo della pelosità, apparato radicale molto sviluppato, presenza di organi sotterranei (bulbi, rizomi). Oggi questa flora è gravemente minacciata nella sua sopravvivenza.

1.1 La duna organogena

L'ambiente della duna rappresenta un aspetto estremo per la vita dei vegetali nel nostro paese e più in generale su tutte le coste del Mediterraneo e dell'Europa. Per questo ha attirato l'interesse degli studiosi fin dagli albori della cultura scientifica. All'inizio del secolo XVIII Giovanni Maria Lancisi, medico e naturalista di Roma, descriveva la formazione della cintura vegetale sul Lido di Ostia, allora disabitato, immaginando che le piante, dall'aspetto insolito, fossero arrivate dalle coste africane, portate dal mare. La vita sulle dune verso Venezia aveva interessato lo Zannichelli e Goethe, che durante il suo viaggio in Italia del 1787 aveva visitato il Lido, allora quasi disabitato.
La prima interpretazione scientifica risale allo studio del Burollet (1923) sulla vegetazione costiera della Francia mediterranea. Egli spiegava l'origine della duna come dovuta ad un "binomio dinamico" costituito da vento e vegetazione; un'idea che è stata largamente confermata dalle ricerche successive, anche se oggi si potrebbe piuttosto parlare di un trinomio: sabbia-vento-vegetazione.
Quando un sistema dunale viene rappresentato mediante un transetto perpendicolare alla linea di costa, si ottiene un modello che può essere confermato, con piccole variazioni, nella maggioranza dei casi (Figura 1.1).

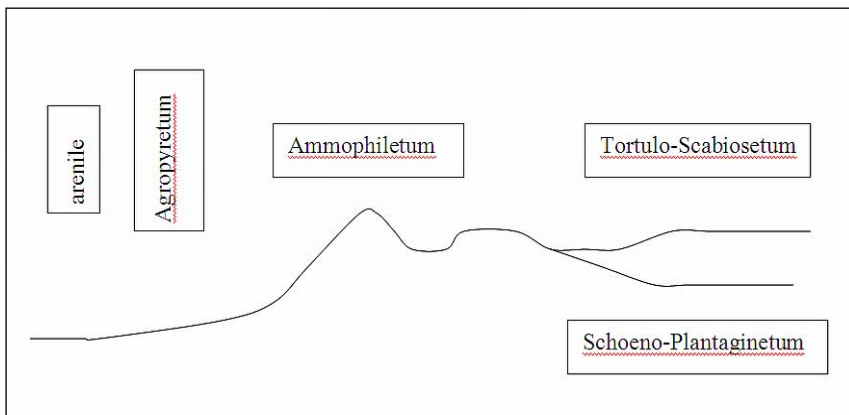



Fig. 1.1 *- I vari ambienti della spiaggia in una sezione altimetrica*

La sabbia si deposita sul litorale formando l'arenile, privo di vegetazione, ma spesso ricoperto dai resti di vegetali marini (*Cymodocea, Posidonia, Zostera*); qui cadono i primi semi portati dal vento, alcuni dei quali avranno la possibilità di germinare. In quest'ambiente il suolo è relativamente umido, però si tratta di acqua marina con elevata salinità e ben poche piante sono in grado di sopravvivere in queste condizioni:

particolarmente adattata è *Cakile maritima*, che è presente con singoli individui, sparsi a grande distanza l'uno dall'altro (Figura 1.2).

Fig. 1.2 – *Esemplare di Cakile maritima*

La sabbia si accumula ad opera del vento ed il livello dell'arenile si accresce: così diviene possibile la comparsa di una graminacea perenne, *Agropyrum junceum* (= *Elytrigia juncea, Elymus farctus*) (Figura 1.3) i cui rizomi costituiscono un primo ostacolo che trattiene nuova sabbia: si formano le dune embrionali alte pochi centimetri.

Figg. 1.3 e 1.4 – *Esemplari di Agropyrum junceum (a sx) ed Ammophila arenaria*

Su queste arrivano i semi di *Ammophila*, portati dal vento, e questa specie forma dense zolle che possono raggiungere anche più di un metro di larghezza: un ostacolo ben più efficiente per trattenere la sabbia, ed in conseguenza il livello della duna continua ad aumentare per la deposizione di sempre nuovi strati di sabbia, fino a raggiungere uno o più metri di altezza. Si formano così le dune litoranee, che progressivamente crescono in altezza per l'accumularsi di sempre nuova sabbia sui fusti dell'*Ammophila* (Figura 1.4), che a loro volta crescono in altezza per mantenersi al di sopra della sabbia.
Però, quando la duna raggiunge l'altezza di qualche metro, comincia a farsi sentire anche l'azione erosiva del vento: si giunge così ad un equilibrio tra deposizione di sabbia ed erosione eolica, e la duna raggiunge una dimensione più o meno stabile.
Continuando la deposizione della sabbia, il fronte delle dune avanza progressivamente verso il mare, e di conseguenza la profondità della fascia litoranea aumenta. Nuove dune crescono, e proteggono le dune arretrate dall'azione del vento: qui la vegetazione può espandersi, arrivano le prime specie di ambiente continentale, ed il modellamento della duna diviene progressivamente più dolce. Si forma un'alternanza di emergenze separate da avvallamenti nei quali per un fenomeno di erosione e compattazione la superficie progressivamente si abbassa, mentre si concentra terra fine. Questi avvallamenti diventano sempre più profondi fino a quasi raggiungere il livello della falda salmastra.
Questa struttura si ritrova con poche variazioni in tutti i cordoni dunosi del Mediterraneo, spesso anche sulle coste oceaniche e addirittura anche nel Michigan, sulla riva dei grandi laghi nordamericani; soltanto nella fascia equatoriale il quadro cambia, con l'espansione di specie striscianti come *Ipomoea pes-caprae*, ed in generale non si arriva alla formazione di vere dune.
Il sinergismo tra fattori ambientali e biotici ci permette di interpretare la duna stessa come un sistema vivente.

1.2 Età delle dune

Dalle caratteristiche topografiche e geomorfologiche delle dune è possibile inferire l'età di queste, o comunque le condizioni ed il periodo nel quale esse possono essersi formate. Ad es., lungo il litorale dell'Alto Adriatico l'arco continuo da Grado a Rimini, appare interrotto in corrispondenza al delta padano, però ad esso si raccordano importanti complessi di dune interne (Bosco Nordio, Rosolina, Mesola) che oggi distano parecchi chilometri dalla costa.
Si può ipotizzare che questa serie di dune si sia formata durante una fase di stabilità dei litorali corrispondente ad un periodo caldo circa 3-5 millenni or sono, e costituisse inizialmente un arco continuo, successivamente interrotto dai materiali trasportati dall'Adige e soprattutto dal Po.
Questa potrebbe essere l'età anche di altre formazioni dunali, in aree soggette a forti variazioni della linea di costa durante epoche recenti, ad es. sul litorale tirrenico, il Molise a nord del Gargano e il Golfo di Taranto. Invece, alcuni complessi sabbiosi in Sardegna (es. Platamona, Iglesiente) e Sicilia (Castellammare) danno un'impressione di grande antichità.
Le vicende del Litorale Veneto sono ben documentate storicamente. Un cordone di dune litoranee esisteva prima che i veneti fuggitivi si insediassero a Torcello e Rialto (alla fine dell'epoca romana): esso costituiva un settore dell'arco Grado-Rimini. Da questo deriva la caratteristica conformazione dei Lidi, come isole lunghe e sottili, separate dalle bocche lagunari.

Questa struttura è rilevabile anche in epoca più recente (sec. XVI-XVII) sulle carte nautiche del tempo, ormai abbastanza precise; a tratti il lido era molto sottile, così da richiedere lavori di consolidamento con palafitte. In seguito, le condizioni del lido tra Pellestrina e Chioggia diventavano sempre più precarie e nella seconda metà del sec. XVIII venivano costruiti i Murazzi, una muraglia in pietra d'Istria lunga parecchi chilometri (Figure da 1.5 a 1.7).

Figg. 1.5 - 1.7 – *I Murazzi di Pellestrina*

La flora dei Lidi Veneti per quel periodo è ben documentata: nell'opera dello Zannichelli (pubblicata postuma nel 1735) sono indicate quasi tutte le specie che tuttora formano la vegetazione naturale dei Lidi.
Quando la navigazione a vela veniva progressivamente sostituita da quella a vapore, con navi di maggiore pescaggio, risultò necessario impedire l'insabbiamento del porto mediante la costruzione di due moli foranei per ciascuna delle tre bocche lagunari: Porto di Lido, di Alberoni e di Chioggia. L'opera venne completata nei primi decenni del sec. XX. Per effetto della corrente radente in senso antiorario, la sedimentazione di sabbia (derivante dalle foci dell'Isonzo, Tagliamento e Piave) si concentrava sul lato nord dei moli, nelle località Punta Sabbioni, Alberoni e Cà Roman, con la formazione di ampi arenili, che nei primi due casi raggiungevano in pochi decenni una profondità di quasi un chilometro. L'avanzata della linea di costa continua tuttora, ma con ritmo molto rallentato, essendo ormai raggiunto il livello nel quale sedimentazione ed erosione marina si equilibrano. Alle spalle degli arenili tuttavia esistevano frammenti di sistemi dunali più antichi, che hanno svolto una importante funzione di riserva genetica, permettendo alle specie psammofile di insediarsi nel nuovo habitat. Sui lidi

sabbiosi si avviava il processo di formazione dei cordoni di dune organogene, secondo il modello illustrato nel paragrafo 1.1. I lineamenti generali di questa vegetazione sono fissati nell'opera del Béguinot (1941), su osservazioni eseguite all'inizio del secolo e ripetute negli anni '30. Lo studio successivo eseguito da noi negli anni 1949-1953 (Pignatti, 1959) ne fornisce una descrizione dettagliata, con alcune centinaia di saggi su aree di 100 m². Sono stati descritti 6 tipi principali di vegetazione (Tabella 1.1), con un complesso di 9 comunità vegetali, ben distinte come flora ed ecologia. Al momento del nostro studio, questo poteva essere considerato un ambiente primigenio, di altissimo valore ambientale.
Esaminiamo ora le caratteristiche ecologiche di queste dune.

1.3 Ecologia dell'ambiente di duna

L'acqua disponibile per la vita vegetale negli ambienti sabbiosi è estremamente scarsa però non è salata, contrariamente a quanto si potrebbe pensare data la vicinanza del mare e la deposizione dell'aerosol marino provocato dai frangenti. Infatti, il cloruro di sodio che continuamente si depone sulla superficie è molto solubile, e viene rapidamente dilavato dalla pioggia.
Dunque le piante delle dune non sono alofite, ma specie psammofile, cioè adattate alla vita sulla sabbia. In questo ambiente, due sono i fattori al limite della tolleranza per i viventi: elevata radiazione solare e aridità del substrato.
La radiazione solare è intensissima, mancando ogni copertura arborea; essa è inoltre accentuata dal riflesso del mare e dei frequenti cumuli che si formano nelle ore meridiane lungo le coste. Per quanto riguarda l'intensità luminosa, non si hanno notizie aggiornate su possibili effetti sui vegetali; la vita animale invece ne è profondamente influenzata e quasi tutte le specie (rettili, insetti) durante le ore meridiane si rifugiano nella sabbia o nelle zone d'ombra alla base dell'*Ammophila*.
La temperatura ha una variazione molto interessante. Riferendoci alle condizioni di una normale giornata estiva, presso la linea del bagnasciuga i valori sono bassi ed anche a mezzogiorno non superano i 25-30°C, con la benefica sensazione di fresco ricercata dai bagnanti (Figura 1.8). Invece, allontanandoci dalla riva del mare, i valori crescono rapidamente ed al colmo della duna raggiungono i 32-33°C all'ombra.

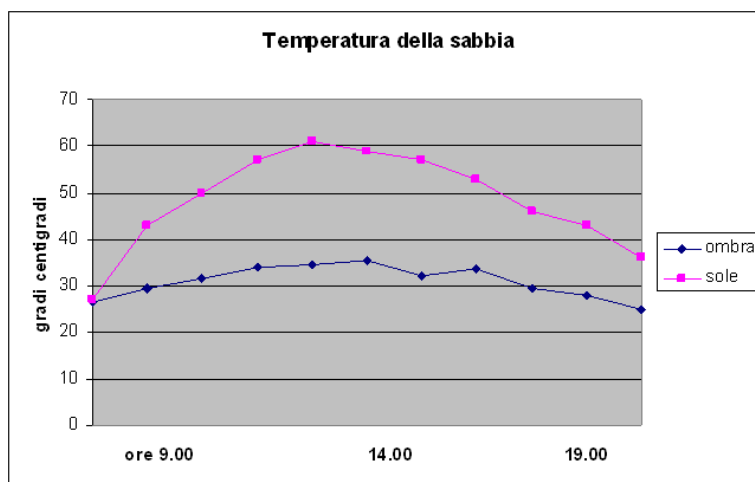



Fig. 1.8 - Variazioni della temperatura della sabbia al colmo della duna (alla superficie)

Molto più elevata è la temperatura della sabbia esposta al sole, che verso mezzogiorno raggiunge i 50 gradi; in casi eccezionali abbiamo misurato temperature superiori, fino ad un massimo di 61 gradi. Misure comparative eseguite da noi in ambienti tropicali (Thailandia) ed equatoriali (Somalia, Bali), hanno dato valori poco differenti. La pianta stessa tuttavia riesce, entro certi limiti, a regolare le temperature mantenendo foglie e fusti in generale a temperature inferiori a 40°.
Per quanto riguarda la disponibilità di acqua nel suolo, va osservato che questa è legata alla temperatura da una costante relazione inversa: quanto maggiore il riscaldamento della sabbia, tanto maggiore l'evaporazione e quindi tanto minore la disponibilità di acqua. Misure eseguite nelle medesime condizioni delle precedenti hanno dato un contenuto in acqua abbastanza elevato (12%) nella sabbia umida dell'arenile privo di vegetazione. Invece, sulla superficie della duna i valori scendono ad un minimo prossimo allo zero, come si può facilmente immaginare: i valori misurati nella rizosfera variano attorno al 2-3% (Figura 1.9).

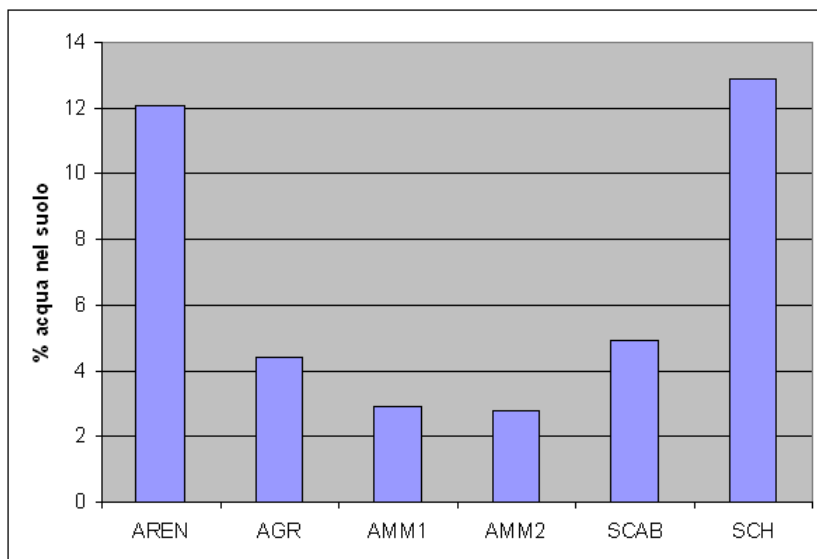



Fig. 1.9 - *Contenuto in acqua della sabbia: arenile senza vegetazione (AREN), Agropyretum (AGR), Ammophiletum a Xanthium (AMM1), Ammophiletum a Medicago (AMM2), Scabiosetum (SCAB), Schoenetum (SCH)*

Anche nelle dune arretrate i valori rimangono molto bassi (4%) e soltanto negli avallamenti umidi, in prossimità della falda freatica, il contenuto in acqua sale progressivamente fino al 13%. In questo caso però va ricordato che si tratta di acqua salmastra (salinità inferiore a 1%) e quindi quest'ambiente può essere colonizzato soltanto da specie blandamente alofile.
Riassumendo, le condizioni ecologiche dell'ecosistema della duna presentano relazioni molto più complesse di quanto il binomio o trinomio dinamico possa far prevedere. Il flusso energetico è estremamente intenso però differenziato per quanto riguarda l'effetto luminoso (che interessa direttamente la fotosintesi) e l'effetto termico, che durante la stagione calda ha un'azione limitante per la fotosintesi, in quanto la pianta deve chiudere gli stomi per limitare la traspirazione. A questo, per la pianta, si somma

l'effetto di stress idrico provocato dalla quasi totale mancanza di acqua nel suolo durante la stagione estiva. Un effetto di rugiada è possibile nelle prime ore del mattino, ma non è stato misurato con metodo sperimentale.
Queste condizioni sono abbastanza vicine a quelle che abbiamo riscontrato nei deserti sabbiosi dell'Australia occidentale durante i mesi invernali, nonostante la forte differenza di latitudine (19-24° di latitudine sud anziché 39-45° di latitudine nord come in Italia).
Una differenza essenziale però consiste nel fatto che queste condizioni di stress idrico nei deserti e nella fascia tropicale si mantengono per tutto l'anno, mentre, sulle spiagge italiane, nelle stagioni intermedie l'abbondanza di piogge mitiga la secchezza della sabbia e la vegetazione può sviluppasi in condizioni quasi normali. Dunque, la condizione di stress è continua nel deserto, mentre sulle nostre spiagge è limitata alla stagione estiva.

1.4 Le comunità vegetali delle dune

Il modello generale per l'interpretazione del sistema di dune litoranee consiste in una serie di ambienti ai quali corrispondono altrettante comunità vegetali (associazioni). Questi ambienti sono disposti in generale secondo una sequenza (serie) che si ripete in moltissimi casi osservabili. Si tratta di sequenza in senso spaziale, che diventa però anche una sequenza temporale, perché, quando si procede dalla riva del mare verso l'interno, le prime fasce della spiaggia sono quelle di deposizione più recente, mentre quelle più interne sono anche le più antiche.
Lo schema illustrato in Tabella 1 vale per le coste sabbiose dell'Alto Adriatico, che hanno un clima di tipo temperato con estati relativamente umide, simili in questo alle coste atlantiche di Francia, Olanda e Germania. Si tratta della serie di 6 associazioni, alcune delle quali (le ultime due) si presentano in diverse varianti.

Sabbia nuda → Cakiletum → Agropyretum → Ammophiletum → Tortulo-Scabiosetum

Nella prima associazione (Cakiletum) sono presenti in media soltanto 5 specie, con una copertura media del 13 %; con il procedere della serie (Agropyretum, Ammophiletum) aumenta sia il numero delle specie (fino a 12 in media sulle dune stabilizzate) che la copertura (fino al 70 %). Nelle fasi più mature (Tortulo-Scabiosetum e Schoenetum) la copertura del suolo diviene quasi completa (90-95 % della superficie rilevata).
Non si tratta soltanto di differenze quantitative, benché cospicue, ma soprattutto di profonde variazioni qualitative.
Nella vegetazione della prima fase di colonizzazione (Cakiletum), è stata osservata frequenza elevata di specie ad ampia distribuzione (atlantiche, eurasiatiche, cosmopolite), ma con il procedere della successione le mediterranee divengono prevalenti, raggiungendo il massimo sul colmo delle dune. Sulle dune arretrate le mediterranee tendono a diminuire (pur restando il gruppo più numeroso), mentre si ha invece una forte concentrazione di specie orientali. Le specie ad ampia distribuzione, abbondanti sull'arenile scoperto, hanno invece una presenza sporadica sulle dune vere e proprie. Anche dal punto di vista dell'assetto cromosomico si notano variazioni interessanti: nel Cakiletum prevalgono le specie poliploidi (70 %), ma con lo svilupparsi della successione aumentano progressivamente i diploidi fino a diventare nettamente prevalenti (57 %) sulle dune arretrate.
Questi dati sono stati ottenuti mediante lo studio della vegetazione dei Lidi Veneti, però anche sulle coste della Penisola, Sicilia e Sardegna, con clima francamente mediterraneo, la composizione della vegetazione litorale è poco differente: manca

l'Ammophiletum con *Xanthium*, ed il Tortulo-Scabiosetum è sostituito dal Crucianelletum, un'associazione a specie fruticose, ma la struttura generale nell'ambito della serie non cambia.

Unità	*Ecologia*	*Altezza sul mare (m)*	*No. ril.*	*Copertura %*	*No. specie med.*
arenile	*privo di vegetazione*	*0,5-1*	-	-	-
Cakiletum	*pioniere annuali*	*ca. 1*	*22*	*13,8*	*5,1*
Agropyretum	*dune embrionali*	*ca. 1*	*35*	*35,8*	*7.8*
Ammophiletum con Xanthium	*dune in formazione*	*1-3*	*36*	*65,6*	*9,4*
Ammophiletum con Medicago marina	*dune stabilizzate*	*2-4*	*32*	*70,6*	*12,4*
Tortulo – Scabiosetum (2 varianti)	*dune spianate*	*2-3*	*46*	*95,0*	*17,0*
Schoenetum (3 associazioni)	*avvallamenti umidi*	*ca. 0,5*	*61*	*99,5*	*12,1*

Tab. 1.1 - *Unità di vegetazione sulle dune del Litorale Veneto (da Pignatti, 1959)*

Sulle coste a clima mediterraneo si sono conservati esempi di vegetazione delle dune più antiche, ormai lontane dalla linea di costa. Qui la successione procede ulteriormente con una densa macchia arbustiva di *Juniperus macrocarpa* (ginepro coccolone), e con la progressiva transizione verso la vegetazione climatogena costituita da una boscaglia sempreverde con dominanza di *Quercus ilex* (leccio).
Sulle dune della fascia più arretrata, ormai consolidate ed in posizione protetta rispetto all'azione dei venti marini, si sviluppano spesso pinete, con dominanza di *Pinus halepensis*, *P. pinea* o *P. pinaster*. Nella maggior parte dei casi si tratta di pinete coltivate e l'abitudine di effettuare rimboschimenti con pini nella fascia di retroduna si è mantenuta fino a pochi decenni orsono. Alcune di queste pinete hanno grande effetto paesistico e significato storico, ad es. le pinete ravennate, S. Rossore in Toscana e Porto Pino in Sardegna, però manca tuttora la prova che le pinete su dune arretrate possano avere origine naturale.

1.5 Le dune: un ambiente minacciato

La spiaggia è un ambiente instabile e soggetto ad erosione e mareggiate, e pertanto in generale non è edificabile; esso è di proprietà demaniale; trasformazioni per attività agricole (orticultura) sono possibili soltanto nella fascia più interna e nelle lacune interdunali, cioè al di fuori della duna vera e propria: sembrerebbe dunque che le dune fossero al riparo da interventi o manomissioni. Questo non è vero, e nonostante queste condizioni favorevoli, le spiagge in tutto il Mediterraneo, e particolarmente in Italia, da alcuni decenni sono esposte ad un impatto generalizzato, che in molti casi ha portato ad un'alterazione irreversibile, che ne ha snaturato la funzione ecologica; esso è stato provocato dallo sviluppo del turismo di massa.
L'impatto sulla spiaggia si rende evidente soprattutto attraverso danni all'ambiente fisico, come processi di erosione, ben visibili su molte spiagge, talora anche

sbancamenti; questi a loro volta avviano lo spostamento della sabbia dalla spiaggia alle aree urbanizzate retrostanti, ad opera del vento marino. Su ampie fasce costiere aperte alla balneazione, le dune sono completamente scomparse.
Lo sfruttamento turistico delle spiagge è avvenuto in maniera incontrollata ed al di fuori di ogni pianificazione, spesso con risultati distruttivi.
In molti ambienti litorali del nostro paese, le spiagge sono state spesso completamente urbanizzate (Figura 1.10), in Sicilia e Calabria sono tollerate costruzioni sino a pochi metri dal mare, realizzando una sorta di privatizzazione di fatto: questi insediamenti (chiaramente abusivi) impediscono di raggiungere la costa, che in teoria dovrebbe essere un bene di tutti.

Figg. 1.10 e 1.11 *- Insediamenti costieri pugliesi (a sx) ed aree di campeggio sulla costa garganica (a dx)*

Le aree di campeggio (Figura 1.11) hanno invece invaso le dune arretrate e la selva litoranea, soprattutto dove prevale la pineta, provocando anche in questo caso una completa banalizzazione dell'ambiente. Come conseguenza, la flora e fauna dell'ambiente naturale di spiaggia sono completamente svanite.
Un problema gravissimo è costituito dall'accumulo di rifiuti sulla spiaggia, sia quelli abbandonati dal turista indisciplinato, sia quelli portati dal mare (Figure 1.12 e 1.13).
In generale i rifiuti sono composti da materiale organico, che finisce sulla spiaggia, dove diviene causa di eutrofizzazione nell'ambiente della duna: ciò favorisce la diffusione di piante ed animali a carattere invasivo. Per la raccolta dei rifiuti spiaggiati spesso si organizzano gruppi di volontari con l'appoggio di associazioni ambientaliste.

Figg. 1.12 e 1.13 - *Rifiuti organici e non spiaggiati a Pellestrina (a dx) e a Lesina (a sx)*

Dal mare non arrivano soltanto rifiuti galleggianti, ma spesso anche sostanze inquinanti sciolte o in sospensione. Nelle vicinanze di centri abitati è frequente la deposizione di schiuma, provocata da una eccessiva concentrazione di detergenti; anche questa può diventare la causa di fenomeni di eutrofizzazione.
Più pericolosa è la deposizione di grumi di olio combustibile, che si mantengono per lungo tempo rendendo la spiaggia inagibile, e richiedono lavori di ripulitura complessi ed a volte anch'essi inquinanti.
Sulle spiagge tirreniche negli anni '70 si è manifestata la generalizzata moria dei pini, particolarmente grave nella Pineta di S. Rossore presso Pisa: essa venne inizialmente attribuita all'aerosol salino, oppure ad un abbassamento della falda acquifera o infiltrazioni saline nella falda stessa (Figure 1.14 e 1.15).
La causa è stata infine identificata in una complessa concatenazione di fattori, che aveva origine dall'abuso di detergenti, per usi familiari e industriali scaricati nell'Arno e da qui dispersi nel mare proprio nelle vicinanze della pineta di S. Rossore. I detergenti, portati dall'aerosol marino sulla pineta, avevano progressivamente causato negli aghi di pino una degenerazione della cuticola e dell'apparato protettivo degli stomi, e questo aveva aperto la via alla penetrazione del sale marino, anch'esso portato dall'aerosol, la cui azione tossica, era la causa della moria.

Figg. 1.14 e 1.15 *- La Pineta di S. Rossore presso Pisa*

L'incontrollata espansione del turismo balneare ha portato in pochi anni al degrado di molti sistemi dunosi in Italia e altrove. Durante la stagione estiva si ha una grande concentrazione di bagnanti, che in generale rimangono sull'arenile senza vegetazione: la semplice presenza di bagnanti su questa fascia non sarebbe un danno per le dune, che stanno in una posizione più arretrata. Però, l'uomo che vuole godere la spiaggia è un essere molto ingombrante: anzitutto richiede aree di parcheggio, quindi, per arrivare alla spiaggia deve attraversare la duna, e questo in generale avviene lungo percorsi casuali; inoltre, durante le ore calde, spesso i bagnanti si rifugiano tra le dune. La sabbia è un substrato incoerente che viene alterato dal passaggio, e per sistemare sedie ed ombrelloni spesso le piante vengono sradicate.
Un impatto ulteriore è provocato dai safari nella duna, con auto fuori strada o moto, cioè mezzi che scavano solchi profondi nella sabbia. Il vento approfondisce i solchi, e da qui inizia l'erosione: così, la permanenza dei bagnanti ed il passaggio dei mezzi a motore distruggono in pochi momenti il delicato equilibrio tra sabbia e vegetazione, che aveva richiesto molti anni per stabilizzarsi.
Come abbiamo osservato in Audisio *et al.* (2002) "I cicli naturali utilizzano flussi di energia molto deboli, ma costanti, che permettono l'auto-organizzazione del sistema.

La tecnologia ci dà la possibilità di utilizzare energia altamente concentrata, come nel motore a scoppio, ma la collisione tra flussi deboli e flussi concentrati è inevitabile. In conseguenza, il conto verrà sempre pagato dall'ambiente; e poiché anche noi siamo parte dell'ambiente, alla fine della storia, il conto veniamo a pagarlo tutti noi. "
Come abbiamo descritto nei paragrafi precedenti, le piante alle quali si deve la formazione della duna organogena sono altamente specializzate: *Agropyrum junceum* e *Ammophila arenaria* possiedono robusti rizomi, che si sviluppano nella sabbia e la stabilizzano, e gli adattamenti ecofisiologici permettono di superare l'aridità estiva, così da poter crescere per parecchi anni, plasmando il paesaggio ondulato delle dune. Questa flora non resiste a manomissioni e non tollera l'inserimento di specie aliene. Con l'impatto generalizzato durante i mesi estivi, la vegetazione viene messa in crisi, e le specie adattate a questo ambiente vengono eliminate. Nelle aree lasciate libere dalla scomparsa delle specie psammofile si insediano specie aliene: piante a ciclo breve, di origine subtropicale (americane o del vecchio mondo). Si tratta di specie annuali, che germinano in primavera, ed in estate producono fiori e frutti, dopo di che si seccano e scompaiono completamente. Esse si propagano facilmente mediante una enorme produzione di semi, che dispongono di mezzi di dispersione molto efficienti (peli per essere portati dal vento oppure spine per aderire al pelo di animali ed ai vestiti): vere e proprie infestanti di origine esotica. Si possono ricordare alcuni casi: *Ambrosia maritima*, *Cenchrus longispinus* (*C. tribuloides, C. incertus*), *Conyza albida*, *Cynodon dactylon*, *Oenothera biennis* (sul litorale veneto sostituita da *Oe. adriatica*), *Tragus racemosus*, *Xanthium italicum* e la stessa *Robinia pseudoacacia* (Figure 1.16 e 1.17).

Figg. 1.16 e 1.17 *– Esemplari di Ambrosia maritima (a sx)*
e di Oenothera adriatica (a dx)

In alcuni casi, l'espansione di queste specie è un fatto molto recente. *Cenchrus* ad es. è una graminacea delle coste americane, osservata in Europa per la prima volta nel 1933, proprio sulla spiaggia presso Venezia: fino agli anni '60 era una specie molto rara, quindi ha cominciato a diffondersi. Oggi è divenuta invasiva, sia sull'Adriatico che sul Tirreno, e sul Litorale Veneto è comunissima. Le spighette, che a maturità sono sormontate da spine acutissime, sono particolarmente fastidiose per i bagnanti.
Abbiamo già visto come negli anni '50, in condizioni naturali, la vegetazione delle dune venete fosse costituita in prevalenza da specie mediterranee e orientali: i due gruppi assieme avevano una frequenza in generale superiore all'80 %. Secondo i nostri rilevamenti eseguiti nell'estate 2008, la situazione si è oggi drammaticamente capovolta: sulle dune in piena erosione abbiamo misurato per le specie aliene una frequenza pari a 84 %, mentre le specie native sono ridotte al 16 % (Figura 1.18).

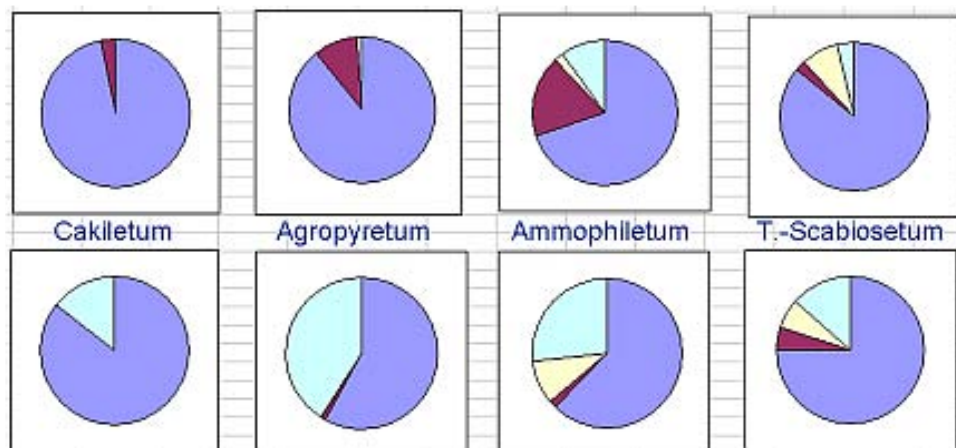



Fig. 1.18 - Variazioni nella composizione floristica (in alto, rilevamenti del 1959; in basso, rilevamenti del 2009).
Colori: viola = specie native; prugna = native minacciate; giallo = marginali; celeste = aliene invasive

La conseguenza della sostituzione della vegetazione nativa (di graminacee psammofile perenni) con specie aliene (annuali) è che in questo caso viene a mancare la protezione data dalle piante al substrato sabbioso incoerente, e pertanto le dune sono rapidamente erose e spianate, come sta succedendo su molti litorali, ad es. tra Iesolo e Venezia, tra Ostia ed Anzio, presso Policoro. Questo rappresenta una gravissima minaccia per la sopravvivenza delle dune e delle specie, vegetali ed animali, che le popolano.
Già adesso, in molti punti, si può notare, dalle tracce lasciate dalle onde, che le mareggiate durante la stagione invernale raggiungono le aree dove precedentemente si avevano i cordoni di dune. Questi estesi processi di erosione possono arrivare a minacciare la stabilità dei litorali.
Oggi si ritiene verosimile un prossimo, consistente aumento del livello marino, causato dal riscaldamento climatico del pianeta. Questa prospettiva non mette in crisi i litorali dove esistono sistemi di dune ben sviluppati, perché questi potrebbero in maniera del tutto naturale adattarsi alla nuova situazione. Dove invece la duna è stata distrutta, si prospettano scenari molto inquietanti.
La generalizzata distruzione dei sistemi dunali nel Mediterraneo non è una necessità, infatti, la sopravvivenza dell'ecosistema naturale, anche in vicinanza delle aree occupate dai bagnanti, non è un compito impossibile. Esempi di gestione sostenibile delle spiagge già esistono, ma non nel nostro paese. Possiamo citare l'esempio di City Beach, l'area balneare di Perth, la metropoli dell'Australia Occidentale (1 milione e mezzo di abitanti): anche qui c'è densa frequentazione di bagnanti, e venti anni orsono le dune erano in crisi. Pertanto, è stato vietato il parcheggio sulle dune arretrate, limitandolo alle sole superfici espressamente destinate a questo scopo, che sono collegate all'arenile da passerelle in legno appoggiate sulla sabbia con ringhiere in legno sui lati per far capire che non si deve sconfinare nelle dune. Alcune passerelle panoramiche soprelevate permettono di osservare le dune dall'alto. I bagnanti hanno accettato queste limitazioni e gruppi di volontari hanno partecipato alle azioni di

ripristino della vegetazione naturale: oggi le dune stanno ritornando al loro aspetto originario.
L'esperienza di Perth (e certo esistono altri esempi analoghi) potrebbe essere ripetuta anche da noi, almeno nelle spiagge più frequentate nelle vicinanze delle grandi città o di famose località turistiche. I costi non sono molto elevati (se paragonati al bilancio economico del turismo estivo). E' tuttavia necessario che esistano pannelli illustrativi per spiegare il significato ambientale dell'area, che le aree destinate alla fruizione turistica siano accuratamente delimitate in modo da impedire che l'impatto si estenda sulla totalità delle dune esistenti, e che tutte le strutture di protezione, volutamente leggere (in legno) abbiano una continua manutenzione. In questo modo, quello che attualmente è uno sconsiderato impatto sull'ambiente può essere trasformato in un contributo all'educazione ambientale.
L'esperienza di Perth dimostra che, quando esiste la volontà, è possibile ripristinare gli ambienti dunali manomessi. Le piante della flora spontanea, necessarie per l'esistenza della duna, possono venire propagate a mano per seme o trapiantandone i rizomi. Tuttavia oggi le popolazioni naturali di queste piante (soprattutto *Agropyrum junceum, Ammophila arenaria, Calystegia soldanella, Cyperus kalli, Medicago marina*) sono estremamente rarefatte e non è pensabile di impoverirle ulteriormente per prelevare i rizomi da trapiantare. E' quindi necessario che sia istituita una rete efficiente e ben protetta di riserve genetiche, che possano mantenere una testimonianza del patrimonio biologico delle dune: flora psammofila, fauna, equilibrio ecosistemico.
Effettivamente, lungo i litorali sabbiosi del nostro paese esistono numerose aree protette (SIC e ZPS) ufficialmente riconosciute, ma nella nostra esperienza esse sono altrettanto degradate quanto le aree libere. Basterebbe far rispettare le norme gestionali stabilite dalla legge per risolvere il problema. Abbiamo in precedenza accennato al fatto come nel secolo scorso le spiagge formatesi *ex novo* per effetto della costruzione dei moli foranei a Venezia si siano ripopolate naturalmente grazie alla presenza di riserve genetiche nelle adiacenze. La corretta gestione delle aree protette già esistenti potrebbe avere lo scopo di formare questa rete di riserve genetiche per le aree più minacciate.

Conclusioni

Le dune costiere sono il risultato del sinergismo tra la deposizione di sabbia, l'azione del vento e la vegetazione: esso si ripete su tutte le coste nelle zone temperate e fredde del globo ed ha portato all'interpretazione della duna organogena come struttura di significato generale.
Nella duna organogena la vegetazione si sviluppa secondo una successione che si ripete in maniera parallela in diverse zone del globo, con la partecipazione di specie del tutto differenti (es. *Ammophila* nel Mediterraneo e *Spinifex* nell'Australia Occidentale), ma con simili adattamenti ecomorfologici ed ecofisiologici.
L'incontrollata espansione del turismo balneare ha portato in pochi anni al degrado di molti sistemi dunosi in Italia e altrove, avviando estesi processi di erosione che possono minacciare la stabilità dei litorali. Questo rappresenta una gravissima minaccia per la sopravvivenza delle dune e delle specie, vegetali ed animali, che le popolano.
E' necessario che sia istituita una rete efficiente e ben protetta di riserve genetiche, che possano mantenere una testimonianza del patrimonio biologico delle dune: flora psammofila, fauna, equilibrio ecosistemico. Le aree destinate alla fruizione turistica vanno accuratamente delimitate in modo da impedire che l'impatto si estenda sulla totalità delle dune esistenti. Esempi di gestione sostenibile delle spiagge già esistono.

Un ulteriore motivo di preoccupazione per l'ambiente delle dune litoranee è dato dalle prospettive di un consistente aumento del livello marino, in conseguenza del cambio climatico. Di questo finora non sono apparsi segni evidenti, almeno per quello che riguarda la nostra esperienza sui litorali dell'Italia ed isole, però il problema esiste e potrebbe manifestarsi anche in maniera imprevedibile.
La condizione odierna dei litorali è molto lontana da quella naturale, e questo può sembrare sconfortante: tuttavia, non tutto è perduto, perché ancora esistono le vie per il recupero di questo ecosistema, che è parte essenziale dell'identità ambientale e culturale del nostro paese.

Bibliografia

AUDISIO P., MUSCIO G., PIGNATTI S. e SOLARI M. (2002) – Dune e spiagge sabbiose. *Min. Ambiente e Tutela d. Territorio, Quaderni Habitat, 4, 160 pp., id. ediz. inglese, 2003.*

BÉGUINOT A. (1913) - La vita delle piante superiori della Laguna di Venezia e nei territori ad essa circostanti. *Pubbl. n. 54 dell'UIL Idr. d. R. Magistr. alle Acque. Venezia.*

BÉGUINOT A. (1941) - La vita delle piante vascolari. In *La Laguna di Venezia, Monografia, 3, 1, 9, (2): 1-369.*

BUROLLET P. A. (1923) - Les dunes du Golfe du Lyon. *Thèse Paris, 307 pp.*

PIGNATTI S. (1959) - Ricerche sull'ecologia e sul popolamento delle dune del litorale di Venezia. Il popolamento vegetale. *Bull. Mus. Civ. St. Nat. Venezia 12: 61-142.*

PIGNATTI S. (1994) - Dry coastal ecosystems of Italy, in van der Maarel E. (ed.) "Dry coastal Ecosystems - Polar regions and Europe" pp. 379-390. *Elsevier, Amsterdam.*

PIGNATTI S. (2010) - Com'è triste Venezia, soltanto mezzo secolo dopo... *Parchi 58: 59-70.*

VAN DER MAAREL E. (ed.) (1994) - Dry coastal Ecosystems - Polar regions and Europe. 636 pp. *Elsevier, Amsterdam.*

2. LA FRAMMENTAZIONE DEGLI HABITAT DUNALI

di Luciano Onori, Corrado Battisti

2.1 La frammentazione naturale ed antropogena

Studiare gli ecosistemi costieri di Piscinas, in Sardegna (Figure 2.1 e 2.2), risulta sempre piacevole, immersi tra sabbia e macchia mediterranea, in un paesaggio naturale assai eterogeneo derivato da fattori e processi fisico-chimici e biologici diversi. In questo frammento di naturalità poco disturbato, un osservatore attento riesce meglio a comprendere come anche la presenza delle specie animali e vegetali o di intere comunità biologiche (e la loro distribuzione) variano, nel tempo e nello spazio, a volte in modo brusco e discontinuo, altre secondo gradienti più sfumati.

Figg. 2.1 e 2.2 *– Piscinas (Sardegna). Il complesso di dune primarie stabilizzate. In primo piano il Rio Piscinas (a sx). Una struttura alberghiera sull'habitat prioritario delle dune stabilizzate (a dx) (Foto R. Bagnaia – 2005)*

Questo perché le specifiche configurazioni spaziali (*patterns*) assunte dalle specie, dalle comunità e, addirittura, da interi ecosistemi sono la risposta a quei fattori/processi limitanti che nel loro insieme hanno dato origine ad un'eterogeneità naturale (*patchiness*) che, a sua volta, condiziona, la distribuzione e l'abbondanza delle specie, delle comunità biologiche e degli ecosistemi, nello spazio e nel tempo.
Diverse sensazioni, invece, vengono suscitate dallo studio di altri sistemi dunali, come quelli del litorale veneto (Figure 2.3 e 2.4), dove l'azione dell'uomo ha determinato un'alterazione della pre-esistente eterogeneità, attraverso la suddivisione delle aree naturali in frammenti (*patches)*, più o meno disgiunti, progressivamente sempre più piccoli, isolati e di minor qualità, inseriti in una matrice ambientale sempre più trasformata (Lindenmayer e Fischer, 2006).

Fig. 2.3 e 2.4 *– A dx: situazione della spiaggia di Pellestrina (Veneto), rilevata nei sopralluoghi di Sandro Pignatti ed Erica Wikus (Università di Roma e Trieste), Patrizia Menegoni (ENEA) e Pietro Massimiliano Bianco (ISPRA). A sx: aspetti della vegetazione dunale e retrodunale lungo il Litorale del Cavallino (Veneto) (Foto L. Onori – 2008)*

Dal confronto tra le due situazioni, distanti spazialmente e "strutturalmente", è facile constatare che se i processi geomorfologici e quelli ecosistemici, associati o disgiunti dai disturbi naturali (eventi meteorici, innalzamento del livello del mare etc.), hanno determinato nel tempo una frammentazione naturale degli ecosistemi, l'azione dell'uomo si è spesso sovrapposta a questo processo dinamico provocando un'alterazione della pre-esistente eterogeneità. Condividendo le considerazioni di altri autori (Spellerberg, 1999; Debinski e Holt, 2000; Farina, 2001) è facile concludere come la frammentazione antropogenica determini la giustapposizione di tipologie ecosistemiche differenti fra di loro, strutturalmente e funzionalmente, introducendo la modifica dei *patterns* spaziali, a determinate scale, e soprattutto un'alterazione (*disruption*) della connettività a quella di paesaggio.

2.2 Le componenti della frammentazione ambientale antropogena

Ricordiamo come, fino agli anni '50 del secolo scorso, nella letteratura scientifica si utilizzavano i termini di "distruzione" e di "trasformazione" per descrivere l'impatto umano sulle componenti naturali. Fu Curtis, nel 1956, tra i primi ad introdurre il concetto di frammentazione come *processo a sè stante,* ad utilizzare una specifica terminologia (*dissection*, *patches*, *peryphery* etc.) e ad individuare le differenti componenti della frammentazione, ovvero la scomparsa di habitat per determinate specie, la contemporanea riduzione in superficie dei frammenti residui, l'incremento sia della distanza che separa frammenti adiacenti, sia di quello che viene definito "effetto margine" (*edge effect*) sui frammenti stessi (Andrén, 1994; Fahrig, 1997, 2003). È questa una generale categoria di processi, dove vengono inseriti tutta una serie di disturbi derivanti dalle aree trasformate limitrofe al singolo frammento, che inducono una generale alterazione delle sue caratteristiche interne, strutturali e funzionali, e che de-strutturano il paesaggio.
Proprio dallo studio del litorale veneto, in campo ed attraverso analisi diacroniche, risulta chiaro, in accordo con Opdam *et alii* (1994), come una determinata tipologia ambientale, quale quella dei sistemi dunali, originariamente distribuita senza soluzione di continuità (benché con una sua intrinseca eterogeneità naturale), è stata gradualmente suddivisa dall'uomo in frammenti di dimensioni sempre più ridotte, tanto da risultare oggi separati da una matrice antropica nella quale le specie legate

a quella originaria tipologia ambientale a fatica compiono il loro ciclo vitale o riescono a disperdersi (Forman, 1995).
Il vasto sistema di cordoni dunali litoranei di età pre-etrusca (fra il IV° e V° secolo a.C.), etrusca e alto-medievale, che si estendevano dall'Adige fino a Comacchio, sono oggi rappresentati da frammenti, in alcuni casi, o da semplici ondulazioni del terreno in altri, vere e proprie "isole" nel paesaggio circostante, testimonianze relitte sia dell'antica linea di costa, molto più arretrata rispetto all'attuale, sia dell'assetto del delta fluviale, completamente diverso da quello odierno.
Il processo di frammentazione intervenuto sulla preesistente eterogeneità naturale ha portato alla giustapposizione di tipologie ecosistemiche, di tipo naturale (poche), seminaturale ed artificiale, differenti strutturalmente e funzionalmente fra di loro, con conseguenze su diversi processi e a tutti i livelli di organizzazione ecologica: dai flussi di individui a quelli ecosistemici, di energia e materia (Lindenmayer e Fischer, op. cit.).
L'esempio citato è paradigmatico delle diverse componenti in cui può essere suddivisa la frammentazione (Andrén, op. cit.; Fahrig, op. cit.; Bennett, 1999):

- la scomparsa di determinate tipologie ecosistemiche (*habitat loss*);
- la riduzione in superficie sia di ciascun frammento residuale, sia complessiva a scala di paesaggio (*habitat reduction*);
- l'incremento nel numero di frammenti;
- l'insularizzazione progressiva dei frammenti e conseguente isolamento (*habitat isolation*);
- la riorganizzazione spaziale dei frammenti;
- l'aumento dell'effetto margine indotto dalla matrice antropizzata limitrofa sui frammenti;
- la neoformazione e l'aumento in superficie di tipologie ecosistemiche di origine antropogenica, che formano quella che viene definita la *landscape matrix.*

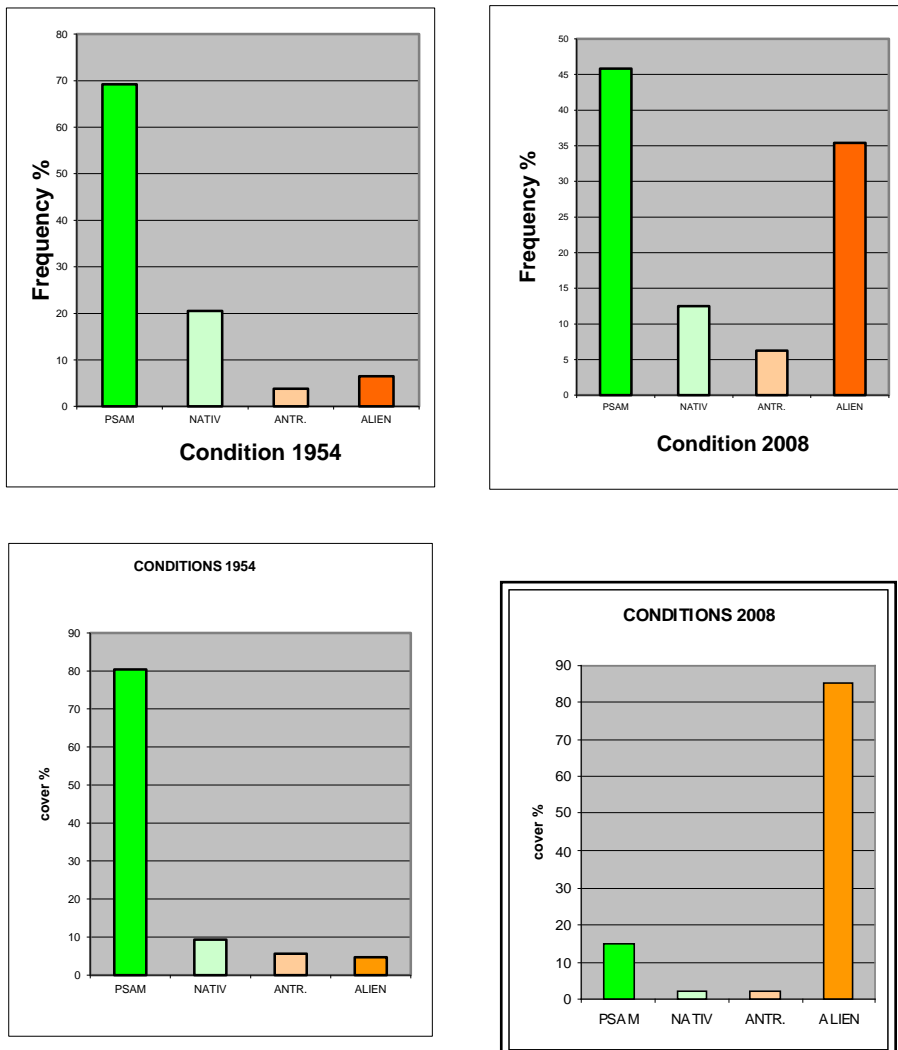
Alla scala di ciascun frammento, tali componenti sono riconducibili a tre macro insiemi, relativi:

- all'aspetto dimensionale (superficie, volume);
- al grado di isolamento;
- alla «qualità» ambientale, (intesa come l'insieme dei fattori, legati ad una determinata combinazione di risorse e condizioni, che permettono l'utilizzo di una tipologia ambientale da parte di una specie e che ne consentono la riproduzione e la sopravvivenza).

Risulta evidente perché la frammentazione ambientale, assieme alla scomparsa di per se delle tipologie ecosistemiche originarie e, conseguentemente, degli habitat per determinate specie sensibili, viene considerata la principale minaccia responsabile dell'attuale riduzione di biodiversità.

2.3 Tipologie ambientali e contesti geografici

Da quanto appena visto risulta evidente come il processo di frammentazione interessi un gran numero di tipologie ecosistemiche (terrestri, marine e marino-costiere), tra le quali ricordiamo, dato l'argomento in oggetto, i sistemi dunali, le zone umide costiere e le praterie di *Posidonia oceanica*. Tale processo non risulta distribuito casualmente nello spazio: le aree più favorevoli alle attività antropiche, come le zone costiere (e quelle di pianura), sono state, e vengono attualmente, frammentate e trasformate per prime e con maggiore intensità (Saunders *et al.,* 1991; Orians e Soulé, 2002).
Nei frammenti residui s'innescano squilibri ecologici, anche complessi, quali ad es., la scomparsa delle specie originarie, specialmente quelle molto specializzate, e la loro

sostituzione con altre invasive e/o generaliste; inoltre, le popolazioni presenti nei frammenti residui, isolate e ridotte numericamente, mostrano un'estrema vulnerabilità agli eventi stocastici non prevedibili. Il processo di frammentazione provoca così una serie di effetti "a cascata" che possono intervenire in maniera irreversibile sull'eterogeneità ambientale, oltre che sulla biodiversità, per l'accelerazione che induce ai naturali processi di estinzione delle popolazioni (e di intere specie).
In un recente rapporto tecnico di ISPRA (Onori, 2009) è riportata una prima analisi (Tabella 2.1), indicativa ed introduttiva, dei risultati di rilevamenti floristico vegetazionali effettuati da tecnici ISPRA, insieme al Prof. Sandro Pignatti, nel 2008 in alcune aree del litorale veneto.

__Tab. 2.1__ - Confronto, tra il 1954 e il 2008, della frequenza (in alto) e delle abbondanze (in basso) delle diverse specie vegetali del litorale veneto (Cavallino-Tre Porti) (risultati preliminari, elaborazioni S. Pignatti)

È lo stesso Prof. Pignatti che, sconsolato, osserva come per *"un anziano naturalista come chi scrive, che ripercorre dopo mezzo secolo gli ambienti che aveva studiato durante i primi anni di attività scientifica, si trova continuamente di fronte all'immagine sconfortante della scomparsa di ogni traccia di naturalità, a causa di un generale processo di banalizzazione, sfruttamento a fini speculativi, manomissione o distruzione dell'ambiente".* (Pignatti, 2009).
Nel citato rapporto ISPRA vengono riportati anche i dati di una ricerca relativa all'attuale condizione delle dune costiere, in Italia, risultate prevalentemente frazionate in sistemi discontinui di pochi chilometri o, addirittura, di poche centinaia di metri (Tabella 5.1). La ricerca ISPRA illustra, in apposite schede, una trentina di casi studio relativi al ripristino degli ecosistemi marino-costieri in Italia (Figura 8.9) ed evidenzia un certo incremento di tali interventi negli ultimi anni, alcuni ancora in corso di realizzazione, e soprattutto l'uso, da parte delle amministrazioni locali, di strumenti di cofinanziamento europeo (progetti LIFE e fondi strutturali).
Tali interventi sono stati realizzati tutti, tranne uno, in Aree Protette marino-costieei, rafforzando l'idea, se ancora ce ne fosse bisogno, che tali aree, ancor più se parte integrante di una pianificazione territoriale, rappresentano un "laboratorio" per la sperimentazione di interventi ed opere ecocompatibili e costituiscono sia un punto di forza per la conservazione della biodiversità, sia per l'adattamento e la mitigazione dei cambiamenti climatici.

2.4 Disturbi e minacce nei sistemi dunali

Se alla scala di paesaggio gli ecosistemi marino-costieri sono affetti dal processo di frammentazione, con gli effetti derivati, cosa accade a livello di singolo frammento (ad es., sui sistemi dunali) a seguito degli interventi antropici operati su di essi?
Generalmente, l'azione dell'uomo si risolve spesso in veri e propri disturbi, intesi come eventi fisici, chimici o biologici in grado di provocare alterazioni o danneggiamenti di uno o più individui/colonie e creare, direttamente o indirettamente, un'opportunità per nuovi individui (Sousa, 1984); secondo Petraitis *et al.* (1989), disturbo è un qualsiasi processo che altera i tassi di natalità e mortalità di popolazioni presenti in una *patch* attraverso l'eliminazione diretta di individui o influenzando risorse o processi.
Generalizzando al massimo, possiamo considerare <u>disturbo</u> qualsiasi evento, discreto nel tempo e nello spazio, che altera, in modo reversibile o irreversibile, sia la struttura e le funzione di componenti ecosistemiche, sia la disponibilità di risorse, di substrato e di ambiente fisico (White e Picketts, 1985).
Per <u>minaccia</u> (*threat*), invece, s'intende qualsiasi attività umana o processo che ha causato, sta causando o causerà la distruzione, il degrado o il danneggiamento della diversità biologica e dei processi naturali (Salafsky *et al.,* 2003).
Le minacce che incombono sugli ecosistemi marino-costieri, tralasciando per il momento quelle non meno gravi legate ai trasporti marittimi e al generale eccessivo sfruttamento delle risorse biologiche marine, sono schematicamente ascrivibili a:

- alterazioni ecosistemiche derivanti dal bacino idrografico retrostante, a seguito dello sbarramento dei corsi d'acqua e dalla relativa perdita di apporti sedimentari, insieme all'inquinamento da sostanze pericolose o rifiuti provenienti dalle attività industriali e da nutrienti provenienti soprattutto dall'agricoltura etc.
- degrado e l'artificializzazione della fascia costiera, con relativa distruzione od alterazione fisica di specifici habitat costieri e marini ad alta fragilità, a causa della crescita dell'urbanizzazione indotta dall'aumento e dalla concentrazione demografica (spianamento dei rilievi dunali, interrimento di zone umide retrodunali, costruzione di

barriere al movimento dei sedimenti, abusivismo etc.) e dagli usi ricreativi (turismo estivo, calpestio, pulizia meccanica delle spiagge, asportazione di materiali naturali quali la *Posidonia oceanica* spiaggiata etc.)

- modalità d'uso (introduzione e diffusione di specie esotiche, errate politiche di riforestazione, crescita esponenziale degli emungimenti d'acqua dolce per impianti insediativi), con conseguente aumento dell'erosione costiera, salinizzazione delle falde etc.

A tutto ciò dobbiamo aggiungere gli effetti prodotti dai cambiamenti climatici.
Un elenco più completo dei diversi disturbi/minacce è presente nella "Carta di S. Rossore" promossa dall'Ente Parco Regionale di Migliarino San Rossore Massaciuccoli (Paragrafo 12.6). Di seguito, vogliamo ricordare solo il caso particolare degli effetti derivati dalla presenza di strutture lineari artificiali frapposte ai singoli frammenti che funzionano come barriere ostili ai movimenti individuali, interferendo con le dinamiche dispersive degli individui delle specie sensibili (Wiens, 1976, 1989; Thomas, 1994; Trombulak e Frissell, 2000).

Fig. 2.6 *- La barriera rappresentata dalla strada costiera nel sistema dunale del Parco Nazionale del Circeo (Foto P. Orlandi)*

Tali barriere, oltre a modificare i processi idrologici/geomorfologici per sbancamenti, deviazioni di corsi d'acqua etc. (Figura 2.6) riducono la (bio)permeabilità, ovvero la capacità di una tipologia di uso/copertura del suolo o di un'infrastruttura a farsi attraversare da determinate specie (Romano, 1996). Le conseguenze, dal punto di vista ecosistemico, sono la riduzione di area e della "qualità" degli habitat, l'aumento del tasso di mortalità in specie sensibili (organismi sessili e/o poco vagili), l'alterazione dei processi di dispersione etc.
È necessario, a questo punto, definire una gerarchia delle diverse minacce antropogeniche, dato che ogni "tipologia" di minaccia ha un suo specifico regime, derivato:

- dall'estensione spaziale *(Scope)*, ovvero della porzione di superficie del sito interessata dalla minaccia dove è presente il *target*;
- dall'impatto/severità *(Severity)* con il quale la minaccia impatta sulla vitalità/integrità del *target*;
- dal tempo d'inizio *(Timing*) della minaccia;
- dalla probabilità *(Likelihood)* che la minaccia si ripresenti nel breve periodo;

- dalla reversibilità *(Reversibility)*, cioè dal grado con il quale gli effetti della minaccia sul *target* possono essere reversibili.

Per valutare fenomeni poco conosciuti come questi, che mostrano metriche differenti e che sono comparabili con difficoltà, presentando diversi livelli di incertezza, alcuni autori (Linstone e Turoff, 1975; Hess e King, 2002) propongono l'utilizzo di approcci Delphi. Attraverso di essi è infatti possibile ottenere un giudizio qualitativo su un fenomeno, processo, fattore da parte di professionisti esperti. Tale giudizio potrà essere successivamente reso quantitativo assegnando punteggi numerici (*Scores*) ai giudizi di qualità. In tal modo si possono avviare analisi statistiche e definire ordini di priorità.

Conclusioni

Abbiamo visto come frammenti di ambienti naturali o semi naturali, isolati e di ridotte dimensioni, collocati in paesaggi trasformati dall'uomo, non consentono il mantenimento della vitalità delle popolazioni e la persistenza, nel tempo, di comunità, ecosistemi e processi ecologici. Da qui la necessità di stabilire nuovi paradigmi per la difesa dei sistemi dunali residuali, ponendo specifiche attenzioni ai disturbi antropogeni che si manifestano a scale differenti (dalla *patch* al paesaggio).

È stato più volte ribadito come, alla scala di paesaggio, molte specie mostrano una soglia critica al grado di connettività del proprio habitat sotto la quale i movimenti diventano improbabili e le popolazioni tendono al collasso (Andrén, op. cit.; van Langevelde, 2000). L'applicazione dei paradigmi della Biologia della conservazione e delle discipline di settore (la pianificazione ambientale e l'ecologia del paesaggio) possono oggi consentire il mantenimento della continuità fisico-territoriale ed ecologico-funzionale tra gli ecosistemi dunali residui, nell'ambito di una strategia di conservazione efficace ed efficiente.

Per gli ecosistemi dunali, la loro conservazione all'interno di Aree Protette e gli interventi di ripristino finora effettuati non sono più sufficienti a garantire le funzioni necessarie al mantenimento della diversità biologica in un determinato paesaggio di riferimento. Occorre integrare il ripristino di un isolato sistema dunale in una più generale ricostituzione della connettività tra i diversi frammenti.

Il nuovo paradigma, quindi, è non solo effettuare interventi di ripristino puntuali, laddove necessari, a livello di singolo frammento, ma soprattutto mantenere e ripristinare la connettività tra isole ecologiche sempre più frammentate, secondo strategie di pianificazione territoriale integrate per il mantenimento della biodiversità, a scala locale, e dei processi ecologici, alla scala di paesaggio (Battisti e Romano, 2007).

Dall'analisi delle principali minacce (e dei loro effetti) agli ecosistemi marino-costieri, è possibile delineare alcuni obiettivi di lavoro, per la comunità scientifica, e suggerire delle priorità d'intervento, per gli amministratori del bene pubblico, convinti come siamo che le strategie per la promozione di uno sviluppo socio-economico rispettoso del bene ambiente non possono prescindere da forme di programmazione che vedano interventi coerenti con le politiche comunitarie, nazionali e regionali. In particolare, la riqualificazione degli ecosistemi costieri non può essere realizzata attraverso un'impostazione basata su interessi settoriali e/o locali, senza preoccuparsi delle ricadute sugli ambienti marini e terrestri limitrofi. Al contrario, una visione olistica nell'approccio alle problematiche della costa deve prevedere una forte correlazione operativa, non più procrastinabile, tra la Gestione Integrata delle Zone Costiere e un Piano Nazionale della Biodiversità, non ancora approntato dal nostro Paese (Onori e Spoto, 2006), anche se un contributo rilevante è fornito dalla Strategia Nazionale per la Biodiversità, elaborata dal Ministero dell'Ambiente e della

tutela del Territorio e del Mare, “una piattaforma programmatica” che troverà attuazione nel periodo 2011-2020, presentata nella Prima Conferenza nazionale della Biodiversità, a Roma nel maggio del 2010 e, alla fine dello stesso anno, alla decima conferenza della Parti della Convenzione sulla Biodiversità, tenutasi a Nagoya (Giappone). (Il testo della suddetta strategia è disponibile al seguente indirizzo http://www.minambiente.it/export/sites/default/archivio/biblioteca/protezione_natura/dpn_strategia_nazionale_biodiversita_italia.pdf).

Il Sistema della ricerca deve migliorare la conoscenza dello stato ecologico dell’ambiente marino-costiero, rafforzando lo sviluppo di nuove metodologie analitiche e l’acquisizione delle informazioni per comprendere, prevenire e mitigare gli effetti degli impatti derivanti dalle attività umane e dai cambiamenti i climatici; quello della pubblica amministrazione, attraverso l’applicazione di un approccio ecosistemico alla gestione delle numerose attività antropiche legate al mare ed agli ambienti costieri, deve garantirne l’uso sostenibile delle sue risorse.

Per entrambi i Sistemi, risultano prioritari alcuni obiettivi, quali:

- proteggere l’ambiente marino-costiero, contrastandone il degrado e la perdita di biodiversità e, laddove possibile, ripristinare gli ecosistemi con interventi eco-compatibili, al fine di garantirne i livelli di vitalità e funzionalità, compresa la capacità di mitigazione e di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici;
- agevolare, in ogni occasione e con ogni mezzo, la comprensione dei benefici derivanti dalla conservazione della biodiversità e dei danni causati dalla sua perdita;
- adoperarsi per l’ottimizzazione e l’ulteriore sviluppo delle reti scientifiche, per affrontare sfide globali quali l’adattamento ai cambiamenti climatici nel quadro di un programma strategico di ricerca;
- integrare il piano di monitoraggio nazionale dell’ambiente marino-costiero con gli obiettivi derivanti dall’applicazione delle diverse Direttive (1992/43/CEE; 2000/60/CEE; 2008/56/CE);
- recepire e dare piena attuazione della Direttiva 2008/56 (Direttiva quadro sulla strategia per l’ambiente marino, adottata nel giugno 2008 e da recepire nell’ordinamento nazionale entro luglio 2010) per conseguire il buono stato ecologico dell’ambiente marino entro il 2020, attraverso l’elaborazione e l’attuazione di una specifica strategia nazionale, che abbia tra i suoi principali obiettivi quello di superare le attuali limitazioni degli strumenti esistenti per il controllo e la riduzione delle pressioni e degli impatti sull'ambiente marino-costiero, fino ad oggi sviluppati in un contesto settoriale che ha dato luogo ad un insieme disomogeneo di strategie, normative e piani d'azione, a livello nazionale e regionale;
- ratificare ed applicare il Protocollo della convenzione di Barcellona per la Protezione dell’Ambiente Marino e della Regione Costiera del Mediterraneo relativo alla Gestione Integrata della Fascia Costiera e Marina (ICZM), adottato a Madrid nel 2008, per garantire l’utilizzo sostenibile delle risorse naturali, per conservare l’integrità degli ecosistemi, dei paesaggi e della geomorfologia della fascia costiera e per prevenire e ridurre gli effetti dei rischi naturali e antropici;
- rafforzare il Sistema delle Aree Protette, completando la Rete Natura 2000 a mare, istituendo le Zone di Protezione Ecologica e designando le Aree Marine Particolarmente Sensibili (PSSA) in Adriatico e nello Stretto di Bonifacio.

Bibliografia

ANDRÉN H. (1994) - Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos, 71: 355-366.*

BATTISTI C., ROMANO B. (2007) - Frammentazione e connettività. Dall'analisi ecologica alle strategie di pianificazione. *Città Studi, Torino.*

BENNETT A.F. (1999) - Linkages in the Landscapes. The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. *Iucn, Gland, Switzerland and Cambridge, Uk., 254 pp.*

CURTIS J.T. (1956) - The modification of mid-latitude grasslands and forests by man. In: THOMAS W.L. jr. (Ed.). Man's role in changing the face of the earth. *University of Chicago press, Illinois.*

DEBINSKI, D.M., HOLT R.D. (2000) - Habitat fragmentation experiments: a global survey and overview. *Conservation Biology 14: 342-355.*

FAHRIG L. (1997) - Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *Journal of Wildlife Management, 61: 603-610.*

FAHRIG L. (2003) - Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review Ecology and Systematic, 34: 487-515.*

FARINA A. (2001) - Ecologia del paesaggio. *UTET Libreria, Torino.*

FORMAN R.T. (1995) - Land mosaics. The Ecology of landscapes and regions. *Cambridge University press, New York.*

HESS G.R., KING T.J. (2002) - Planning for wildlife in a suburbanizing landscape: selecting focal species using a Delphi survey approach. *Landscape and Urban Planning, 58: 25–40.*

LINDENMAYER D.B., FISCHER J. (2006) - Habitat fragmentation and landscape change. An ecological and conservation synthesis. *Island Press, Washington.*

LINSTONE H.A., TUROFF M. (1975) - The Delphi Method: Techniques and Applications. *Addison-Wensley. New York.*

ONORI L., SPOTO M. (2006) - Gestione integrata delle coste e Biodiversità. *Atti del XVI Congresso della Società Italiana di Ecologia. Università degli Studi della Tuscia – Viterbo - Civitavecchia - 19 - 22 settembre 2006.*

ONORI L. (a cura di) (2009) - Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree protette. *ISPRA Rapporto 100/09.*

OPDAM P., FOPPEN R., REIJEN R., SCHOTMAN A. (1994) - The landscape ecological approach in bird conservation: integrating the metapopulation concept into spatial planning. *IBIS, 137: s139-s146.*

ORIANS G.H., SOULÈ M.E. (2002) Introduction. In: SOULÈ M.E., ORIANS G.H. (Eds). *Conservation Biology. Society for Conservation Biology. Island Press: 1-9.*

PETRAITIS P.S., LATHAM R.E. & NIESENBAUM R.A. (1989) - The maintenance of species diversity by disturbance. *Quart. Rev. Biol. 64: 393-418.*

PIGNATTI S. (2009) - Biodiversità e decrescita. *Lectio Magistralis* pronunciata in occasione del 60° anniversario della Fondazione della Pro Natura. *www.naturamediterranea.com*

ROMANO B. (1996) - Oltre i parchi. La rete verde regionale, *Andromeda ed. Colledara (TE).*

SALAFSKY N., SALZER D., ERVIN J., BOUCHER T., OSTIE W. (2003) Conventions for defining, naming, measuring, combining, and mapping threats in conservation. An initial proposal for a standard system. *Draft version, on line, 1.12.2003.*
SAUNDERS D.A., HOBBS R.J., MARGULES C.R. (1991) - Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology, 5: 18-32.*
SOUSA W.P. (1984) - The Role of Disturbance in Natural Communities. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1984. 15: 353-91.
SPELLERBERG I. F., SAWYER J. W. D. (1999) - An introduction to applied Biogeography. *Cambridge University Press. pp 260. ISBN: 0521451027*
THOMAS C.D. (1994) - Extinction, colonization, and meta-populations: environmental tracking by rare species. *Conservation Biology 8:373–378.*
TROMBULAK S.C., FRISSELL C.A. (2000) - Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology, 14: 18-30.*
van LANGEVELDE F. (2000) - Scale of habitat connectivity and colonization in fragmented nuthatch populations. *Ecography 23: 614-622.*
WHITE P.S., PICKETT S.T.A. (1985) - Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: PICKETT S.T.A. e WHITE P.S., ed. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. *Orlando: Academic Press. p.3-13.*
WHITTAKER, R.H. (1972) - Evolution and measurement of species diversity. *Taxon, 21, 213-251.*
WIENS J. A. (1976) - Population responses to patchy environments. *Ann. Rev. Ecol. Syst., 7: 81-120.*
WIENS J. A. (1989) - Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology 3: 385-397.*

3. RIPRODUZIONE DI SPECIE DUNALI MINACCIATE

di Arnaldo Galleri, Lara Bertoncini, Elisabetta Moscheni, Stefano Benvenuti, Marco Ginanni, Paolo Vernieri

Premessa

Il presente lavoro riferisce di un'attività di sperimentazione e produzione vivaistica condotta presso il Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa nell'ambito dell'Azione C5 del Progetto LIFE NATURA "Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale" LIFE05 NAT/IT/000037 (DUNETOSCA) dell'Ente Parco Regionale di Migliarino, S. Rossore e Massaciuccoli. Tale azione prevedeva la "*Qualificazione di un vivaio forestale per la produzione di ecotipi locali*" e la conseguente produzione di piante da utilizzare per gli interventi in ambiente dunale, previsti da altre azioni del progetto.
I principali risultati scientifici e le indicazioni operative ricavate da questa esperienza sono confrontate con altre ricerche condotte in Europa, e presentate brevemente nel paragrafo introduttivo. Il fine è di fornire un quadro sintetico sulle conoscenze attuali riguardo alla propagazione delle principali specie dunali presenti nel nostro paese. Appare infatti sempre più evidente la necessità di creare una rete di attività vivaistiche stabilmente impegnate nella produzione di ecotipi locali, in grado di supportare localmente gli interventi di riqualificazione ambientale e di scambiarsi le conoscenze per la crescita tecnica del settore.

3.1 Esperienze di propagazione di specie dunali

Le esperienze sin ora maturate nella propagazione delle specie dei litorali sabbiosi sono fondamentalmente da ricondursi nell'ambito degli interventi di stabilizzazione delle dune e ricostituzione degli habitat costieri, poiché assai scarso è stato l'interesse in ambito ornamentale o per altre applicazioni. La propagazione e produzione delle specie psammofile è stata quindi prevalentemente condotta nell'ambito della vivaistica forestale, dove spesso le risorse economiche e tecniche sono limitate e l'attenzione e le competenze sono focalizzate su specie legnose con caratteristiche lontane dalla maggior parte di quelle che popolano le dune.
L'assenza d'interesse commerciale da parte del settore vivaistico, che esulasse dalla limitata produzione di piante per il singolo progetto di riqualificazione dunale, e la relativa semplicità con cui si è tradizionalmente propagata *in situ* per via vegetativa *Ammophila littoralis* (Sparto pungente), specie regina, spesso esclusiva per le piantumazioni, hanno fatto sì che le conoscenze confermate da pubblicazioni scientifiche siano scarse e frammentarie.
Eppure il rapporto dell'uomo con le dune e con la loro salvaguardia ha origini assai lontane, in particolare in quelle aree alle medie latitudini che si affacciano sugli oceani come l'Olanda o la Germania. Da circa mille anni infatti in queste zone le estese formazioni dunali sono state utilizzate dall'uomo per il pascolo del bestiame, per le colture, per la raccolta di legna e per il prelievo di acqua dalle aree retrodunali.
In Olanda in particolare, dove le dune hanno costituito una barriera di fondamentale importanza per proteggere terreni strappati al mare, la stabilizzazione e la salvaguardia di questi ambienti è divenuta una priorità condivisa a livello sociale (Pranzini, 2004).
Proprio in queste regioni fin dal XIV secolo sono state condotte esperienze di propagazione e piantumazione di Ammophila per la stabilizzazione delle dune mobili in

erosione, attraverso la tecnica di divisione e moltiplicazione delle piante presenti *in situ* (Dieckhoff, 1992).
Si deve probabilmente al successo di questi interventi europei l'introduzione della specie negli Stati Uniti nel 1869 in California e nel 1919 sulla costa Atlantica nell'Oregon (Goldsmith, *ex* Pranzini, 2004), esperienza seguita anche in altri paesi di origine anglosassone come il Sudafrica, l'Australia e la Nuova Zelanda. Purtroppo la scelta di introdurre l'Ammophila dall'Europa, frutto di un approccio funzionalistico privo dell'odierna consapevolezza ecologica, si è rilevata nefasta, poiché ha alterato fortemente gli ecosistemi naturali e in alcuni casi addirittura modificato la geomorfologia costiera, costringendo a elaborare piani e interventi di eradicazione (Buell *et al.*, 2002; Hilton, 2006; Van der Putten *et al.,* 2005).
Per l'importanza acquisita anche fuori dall'Europa, dove naturalmente popola sia le coste atlantiche sia quelle mediterranee, *Ammophila littoralis* risulta essere quindi la specie dunale su cui sono state condotte il maggior numero di ricerche.
Riguardo alle prove di propagazione, quelle di Hobbs *et al.* (1983) sulla propagazione per frammenti di rizomi hanno fatto registrare i migliori risultati ottenibili con l'orientamento orizzontale rispetto a quello verticale, così come il diretto aumento della lunghezza degli stessi, ma la diminuzione del numero di getti, in relazione alla profondità di impianto.
Gli studi condotti dal gruppo del Prof. Van der Putten (Van der Putten, 1990; Van der Laan *et al.*, 1997), figura di riferimento in molti dei più importanti studi ecologici su *Ammophila*, hanno fornito le basi scientifiche per vari interventi di riqualificazione dunale in Olanda.
Dopo prove iniziali che hanno evidenziato l'utilità di incorporare della paglia nei primi centimetri di terreno come materiale di pacciamatura, sono state confrontate diverse tecniche d'impianto *in situ*, differenti densità d'impianto e fertilizzazioni, nonché condotte prove di germinazione in laboratorio. I risultati hanno evidenziato che all'aumentare della densità di semina e del numero di rizomi (fino a 600 semi m^{-2} e 60 frammenti di rizomi m^{-2}) si ottiene un maggior numero di plantule e getti, ma che dopo una stagione vegetativa l'incremento di biomassa e di getti è dovuto solo alla fertilizzazione.
La propagazione per porzioni di rizomi ha fornito il miglior risultato complessivo con fertilizzazione, ma ne è stata anche maggiormente dipendente; senza alcuna fertilizzazione la divisione dei cespi ha fatto ottenere il risultato più alto, ma la crescita delle piante è stata comunque scarsa (Van der Putten, 1990). D'altro canto, se inizialmente la propagazione per frammenti di rizomi garantisce maggiori presenze di altre specie perenni rispetto alla divisione dei cespi e alla semina diretta, è stato però riscontrato che già dopo 3-6 anni non si notano significative differenze negli indicatori di biodiversità tra i diversi metodi (Van der Laan *et al.*, 1997).
L'efficacia della propagazione vegetativa *in situ* è stata confermata anche in Italia dalle prove a Castelporziano (RM) di De Lillis *et al.* (2004) che hanno fatto riscontrare percentuali di attecchimento a 5 anni dall'impianto superiori al 60%. Lo stesso studio ha invece confermato l'opinione diffusa che, senza trattamenti particolari, la propagazione da seme di *Ammophila* sia difficoltosa, sia per il limitato numero di cariossidi utilizzabili presenti in ogni spiga, sia per la loro scarsa germinabilità. Sono infatti state ottenuto percentuali di germinazione scarse (20%) in condizioni di temperature variabili (15-22°C) e luce (14 ore) (De Lillis *et al.*, 2004).
Le prove condotte in Olanda hanno invece fatto riscontrare percentuali maggiori, ma attraverso esperimenti più complessi, che integravano vari trattamenti. Sono così state raggiunte percentuali sempre superiori al 60% dopo 20 giorni con temperature variabili elevate (20-30°C) e luce (8 ore) ed è stato inoltre notato che con temperature variabili più basse, analoghe a quelle delle prove di De Lillis, la

stratificazione per più di 5 settimane incrementa fortemente la germinazione, consentendo di avere percentuali superiori al 50% (Van der Putten, 1990).
Anche sui ginepri (*Juniperus* spp.), che in natura creano diffusi popolamenti arbustivi sulle dune consolidate in tutto il mediterraneo e sono considerati Habitat prioritari in base alla Direttiva 92/43/CEE, sono state condotte ricerche sulla propagazione da seme, proprio in virtù della scarsa germinabilità. Sono infatti molti e diversificati i fattori esogeni ed endogeni che concorrono a determinare la scarsa vitalità e la germinabilità dei semi e normalmente la sopravvivenza dei popolamenti naturali è legata più alla longevità e alle capacità di adattamento degli individui esistenti che alla nascita di nuove piante.
I risultati delle prove di germinazione condotte dall'APAT evidenziano sempre percentuali scarse, sotto il 26%, per le due sottospecie di *Juniperus oxycedrus* (Ginepro coccolone) e addirittura nulle per *Juniperus communis* (Ginepro comune) (APAT, 2004).
In studi più recenti l'ottimizzazione e la successione di vari pretrattamenti dei semi di *Juniperus oxycedrus* ha consentito di ottenere risultati soddisfacenti (superiori al 75%), ma le metodologie adottate richiedono comunque tempi lunghi (Tilki, 2007).
L'importanza ecologica dei ginepri e le difficoltà nella propagazione da seme hanno condotto a testare la propagazione *in vitro* sia per *Juniperus phoenicea* (Ginepro fenicio) che per *Juniperus oxycedrus,* facendo riscontrare risultati incoraggianti, con percentuali di germinazione del 40% e del 50% rispettivamente, che dovrebbero ulteriormente favorire la diffusione di una tecnica che può garantire la produzione di un gran numero di piante partendo da ridottissime quantità di materiale vegetale (Cantos *et al.*, 1998; Loureiro *et al.*, 2006).
Se le informazioni scientifiche disponibili sulla propagazione di *Ammophila littoralis* e di *Juniperus* spp. possono essere considerate soddisfacenti, altrettanto non si può dire per le altre specie ritrovabili nel nostro paese.
Possiamo ancora riferirci alle prove di germinazione in laboratorio di De Lillis *et al.* per avere informazioni su altre piante, così come quelle di Mustich *et al.* (2004) a Torre Guaceto (BR) ci forniscono alcune indicazioni sugli interventi operati direttamente in duna.
Elymus farctus (*Agropyrum junceum*), specie chiave delle comunità vegetali delle dune embrionali, ha fatto riscontrare percentuali di germinazione elevate (80%) in tempi brevi (14 giorni), *Pancratium maritimum* (Giglio di mare) invece il 60% di germinazione in tempi più lunghi (47 giorni), *Anthemis maritima* (Camomilla di mare) il 50% in 21 giorni e *Cyperus capitatus* (Zigolo delle spiagge) solamente il 20% in 28 giorni (De Lillis *et al.*, 2004). Le prove d'impianto in duna condotte in Puglia hanno evidenziato l'elevata attitudine alla propagazione vegetativa direttamente *in situ* di *Otanthus maritimus* (Santolina delle spiagge), poiché le talee prelevate e messe a dimora sul posto hanno garantito percentuali elevatissime di attecchimento (95%) a 90 giorni dall'impianto invernale, superiori alla piantumazione di talee radicate (64%).
Anche la semina diretta di *Pancratium maritimum* ha dato risultati eccellenti (95% dopo 90 giorni), mentre i risultati sono stati più scarsi per l'attecchimento dei rizomi di *Sporobolus pungens* (Gramigna delle spiagge, 32,6%) e per la semina di *Eryngium maritimum* (Calcatreppola, solo il 5,6% di semi germinati) (Mustich *et al.,* 2004).
Il quadro conoscitivo sulla propagazione di specie presenti in Italia non può non considerare anche le indicazioni di varie esperienze condotte in ambito mediterraneo, che, seppur non ci risulta abbiano riscontri su pubblicazioni scientifiche, rappresentano sicuramente fonti qualificate e ricche di informazioni preziose.
La serie di interventi condotti da oramai un trentennio a Valencia, nell'area litoranea del Lago dell'Albufera e della Devesa de El Saler, rappresenta l'esempio più vasto e significativo a livello mediteranno di riqualificazione ambientale e paesaggistica

nell'ambito dei litorali sabbiosi. Grazie alle informazioni contenute nella pubblicazione "*La restauracion de las dunas litorales de la Devesa de l'Albufera de Valencia*" (http://www.albufera.com/parque/sites/default/files/descargas/dunas.pdf) abbiamo indicazioni dettagliate sulle tecniche d'impianto in duna utilizzate.
E' interessante notare che negli interventi, improntati fortemente al ripristino ecologico, sono stati adottati moduli d'impianto diversificati per le varie parti della duna (embrionale, anteduna, cresta e retroduna) in modo da cercare di ricreare fitocenosi simili a quelle naturali.
I metodi d'impianto hanno visto prevalere l'utilizzo di piante coltivate in vaso per le specie principali (*Ammophila arenaria, Elymus farctus, Eryngium maritimum, Echinophora spinosa, Euphorbia paralias, Crucianella maritima*), mentre solamente *Sporobolus pungens* e *Otanthus maritimus* sono state impiantate direttamente con talee. Per *Echinophora spinosa, Eryngium maritimum* e *Cyperus capitatus* sono state utilizzate anche porzioni radicali, mentre ulteriori specie sono state seminate in modo da favorire fin da subito la maggiore diversificazione possibile dei popolamenti.
Per fornire il materiale vegetale necessario agli interventi, fin dal 1981 fu istituito il Vivaio Comunale di El Saler, che negli anni ha visto incrementare sempre più la propria produzione fino ad arrivare alle 500.000 piante all'anno attuali, con una banca di semi che dispone di 848.890.706 semi di ben 144 specie diverse diverse (Vizcaino Matarredona, 2008). Non sono forniti però dettagli riguardo alla propagazione in vivaio, dove la produzione prevalente è da seme attraverso tecniche estensive in seminiera, mentre quella vegetativa è utilizzata solo quando necessario.
Alcune informazioni in più sulle tecniche di propagazione vivaistica delle specie dunali possiamo averle dalle prove condotte nell'ambito delle attività svolte nei primi anni '90 dall'*Agence pour la gestion des Espaces Naturels de Corse*, per la riqualificazione di formazioni dunali in Corsica a Campomoro, Roccapina, Palombaggia e Tamaricciu (Converio, 2003) e da quelle a cavallo del 2000 dal Progetto Linneo in Lazio (Menegoni, 2002), oppure dalle esperienze dei pochissimi che hanno una storia pluriennale di riproduzione di ecotipi locali, come i Vivai Murgia in Sardegna e il Centro Vivaistico e delle Attività Fuori Foresta di Montecchio Precalcino di Veneto Agricoltura.
Da quanto brevemente esposto risulta evidente che la scarsità di informazioni scientifiche sulle specie dunali vada di pari passo con l'esiguità di attività di produzione in grado di supportare stabilmente ed efficacemente gli interventi di riqualificazione.
Vista la diffusione di recenti attività volte alla conservazione e al ripristino degli ecosistemi costieri, anche grazie agli strumenti finanziari disposti dall'Unione Europea, appare necessario maturare nuove conoscenze sulle piante dunali che possano supportare la progettazione geotecnica degli interventi di ingegneria naturalistica costiera.

3.2 Le attività di sperimentazione e produzione presso il CIRAA "E. Avanzi"

Il Progetto LIFE05 NAT/IT/000037 "Dunetosca" è stato ideato in collaborazione fra l'Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, NEMO srl di Firenze e il Museo La Specola di Firenze, ed è stato finanziato dall'Unione Europea, dall'Ente Parco Regionale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, dalla Regione Toscana, dalla Provincia di Pisa e dal Comune di San Giuliano Terme, al fine di recuperare la valenza naturalistica dei siti denominati "Dune Litoranee di Torre del Lago" IT5170001 e "Selva Pisana" IT5160002, in particolare del cordone dunale sabbioso e degli stagni retrodunali, e di promuovere lo sviluppo di un turismo sostenibile.
Tra le varie Azioni previste, la C5 ha riguardato la "Qualificazione di un vivaio forestale per la produzione di ecotipi locali" ed è stata affidata al "Centro interdipartimentale di

ricerche agro-ambientali E. Avanzi dell'Università di Pisa, che ha sede ed opera in località San Piero a Grado, e possiede adeguata professionalità, che non è stato possibile reperire altrimenti sul mercato, applicata al settore agro-vivaistico, in particolare per specie erbacee ed arbustive prive di interesse economico".
Le "Linee guida per la realizzazione del vivaio da affidare all'esterno", opportunamente riviste, hanno costituito la base di partenza per l'organizzazione delle attività presso il CIRAA "E. Avanzi".
In particolare, tra i punti di tali linee guida, vanno evidenziati i seguenti contenuti:

- Suddivisione in specie obiettivo ("*presenza prioritaria e indispensabile*" e "*produzione di almeno 200 piantine per ogni specie*") e accessorie ("*presenza auspicabile ma non necessaria*"con "*produzione di almeno 100 piantine*") (Tabella 3.1).
- Utilizzo di "*piante (...) micorrizzate con ceppi di funghi presenti dalla riserva genetica in situ, situata all'interno della Tenuta di San Rossore (vedi Relazione finale di ricerca: "Caratterizzazione molecolare dei funghi micorrizici presenti nella "Riserva Biogenetica di Funghi Micorrizici degli Ecosistemi Dunali" realizzata nelle dune di San Rossore*", *Prof.ssa M. Giovannetti, Dott. L. Avio, Dott. S. Bedini, Dott.ssa A. Turrini* - 2005)".
- Utilizzare vasetti/fitocelle, che "*dovranno essere sufficientemente alti, tali da consentire un ampio sviluppo dell'apparato radicale*."
- "*Dovrà essere evitato l'impiego di diserbanti, antiparassitari, fungicidi, ecc., questo soprattutto per evitare effetti negativi sulla microflora della rizosfera e in particolar modo sui funghi micorrizici*."

	Dune embrionali e mobili *(Habitat 2110 e 2120)*	***Dune fisse*** *(Habitat 2210)*	***Dune consolidate*** *(Habitat 2250)*
Specie Obiettivo	*Sporobolus pungens* *Elymus farctus* *Ammophila littoralis* *Othantus maritimus*	*Helicrysum stoechas* *Anthemis maritima*	*Juniperus oxycedrus* *Cistus salvifolius* *Cistus incanus*
Specie Accessorie	*Calystegia soldanella* *Eryngium maritimum* *Echinophora spinosa* *Pancratium maritimum*		*Phillyrea angustifolia* *Pistacia lentiscus*

Tab. 3.1 - *Specie obiettivo e specie accessorie dell'azione C5 del Progetto LIFE "Dunetosca".*

Risultavano quindi un totale di 2400 piantine da produrre, con particolare attenzione da porre alle specie obiettivo. Va inoltre sottolineato che le linee guida indicavano che: "*Anthemis maritima, attualmente assente nelle zone oggetto del Progetto LIFE, è stata inserita nella lista allo scopo di reintrodurla nel pSIC e ZPS Dune Litoranee di Torre del Lago, in quanto qui precedentemente censita*".
Sulla base di queste indicazioni è stato allestito un piccolo vivaio in località Podere Bargagna, San Piero a Grado (PI), sotto il coordinamento dei tecnici del CIRAA "E.

Avanzi". È stata utilizzata la serra esistente per la fase di propagazione ed è stato realizzato un piccolo ombrario esterno per quella di acclimatazione e coltivazione.
Attraverso la collaborazione con il Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie della Facoltà di Agraria dell'Università di Pisa sono state allestite prove sperimentali sulla propagazione delle piante, che hanno poi prodotto due tesi di laurea del Corso di Laurea Specialistica in Progettazione e Pianificazione delle Aree Verdi e del Paesaggio (per una completa relazione sui risultati della sperimentazione si veda: Bertoncini *et al.*, 2010; Galleri, 2009).
Nelle <u>prove sulla propagazione gamica</u> il materiale di propagazione è stato raccolto manualmente nelle aree di Marina di Vecchiano, Calambrone e Marina di Levante, nelle provincie di Lucca e Pisa, nel periodo 2006-2007 in varie epoche dell'anno in funzione della dinamica delle fasi fenologiche delle diverse specie.
Alcune piante hanno fatto evidenziare forti fenomeni di dormienza e così sono stati effettuati trattamenti al seme per promuovere la germinazione: stratificazione, refrigerazione, scarificazione, trattamenti a base di gibberelline (GA3) e di ipoclorito di sodio.
Anthemis maritima, *Helichrysum stoechas* e *Cistus incanus* non ne hanno mostrato necessità, evidenziando una discreta attitudine germinativa del seme tal quale, facendo riscontrare rispettivamente percentuali di germinazione del 70%, 28% e 29% . Per superare la dormienza *Elymus farctus* ha invece richiesto un periodo di freddo di 15 giorni a 5°C e ha fatto riscontrare migliori risultati germinativi con l'utilizzo di gibberelline. In effetti, la specie ha capacità germinativa già a 5°C, ma ai fini produttivi e per superare il 70% di germinazione sono utili i trattamenti.
Pancratium maritimum ha mostrato una migliore germinazione in condizioni di buio (fino all'88%), a temperature di 10°C e 30°C, mentre a 20°C l'effetto della luce è stato trascurabile. Il trattamento freddo ha avuto una durata di 10 giorni.
Per la germinazione di *Eryngium maritimum* è stata necessaria l'estrazione dei semi dai tegumenti e la stratificazione fredda per un periodo di 30 giorni, consentendo di superare il 90% di germinazione; per *Echinophora spinosa* i test di screening hanno evidenziato che, per la definizione del protocollo di germinazione, la strada da percorrere è quella della rimozione dei tegumenti seguita da trattamenti di vernalizzazione.
Per quanto riguarda *Calystegia soldanella* si osserva una dormienza di tipo fisico, per la cui rimozione si è fatto ricorso a scarificazione meccanica dei semi ("semi duri"). La germinazione è stata maggiore in condizioni di buio (percentuali superiori al 75%); questo può far assimilare *C. soldanella* alle "specie desertiche", che tendono a germinare al buio in quanto questa situazione ecologica risulta ben correlata con l'interramento del seme che riduce il rischio di aridità del substrato.
Pistacia lentiscus può essere inserita tra le specie definite "macroterme" in quanto il trend germinativo aumenta all'aumentare della temperatura (40% a 30°C). La rimozione della dormienza si ottiene attraverso la completa eliminazione della polpa dai frutti e ripetuti lavaggi in acqua. I fattori promotori della dormienza sono, probabilmente, concentrati nella parte carnosa del frutto.
Otanthus maritimus presenta la particolarità di germinare esclusivamente in substrato; probabilmente questa specie necessita per germinare di un substrato simile a quello naturale e quindi ben diverso dalle capsule Petri utilizzate per la germinazione. Questa particolarità non ha comunque impedito la produzione vivaistica attraverso semina diretta.
Per quanto riguarda *Sporobolus pungens* i problemi si presentano per la raccolta dei semi; la specie, scarsamente diffusa nei siti di prelievo, non ha presentato fioritura nel biennio di osservazione.

Nelle prove condotte la propagazione per seme di *Ammophila arenaria* e *Juniperus oxicedrus* subsp. *macrocarpa*, ha dato risultati estremamente scarsi, confermando quanto trovato in bibliografia.
Successivamente, dal marzo 2008 al marzo 2009, sono state condotte per le specie obiettivo prove di propagazione vegetativa, attraverso tre differenti protocolli sperimentali per i tre gruppi in cui sono state divise inizialmente le piante. Sono così state testati, su materiale prelevato da piante spontanee del Parco di Migliarino, San Rossore e Massaciuccoli in 4 differenti epoche (fine marzo, fine maggio, inizio ottobre e fine novembre), trattamenti ormonici a diversa concentrazione (NAA in polvere 050% e 0,75%), l'utilizzo di micorrize e differenti modalità di propagazione.
Tra i principali risultati ottenuti vanno sottolineati:
- L'utilizzo di trattamenti con NAA in talco pulverulento non ha fornito risultati tali da farli ritenere necessari per tutte le specie erbacee e suffruticose (*Ammophila littoralis, Elymus farctus, Sporobolus pungens, Anthemis maritima, Helichrysum stoechas, Otanthus maritimus*). Viceversa i trattamenti si sono rivelati utili per *Cistus incanus* e *Cistus salvifolius,* incrementando la radicazione; per il primo non risultano evidenti differenze tra le concentrazioni, mentre per il secondo la concentrazione di NAA al 0,50 % si è rivelata significativamente migliore.
- L'impiego di micorrize sembra avere rilevanza significativa nell'ambiente protetto della serra solamente nei momenti di stress per le piante. Questa considerazione scaturisce dall'osservazione delle percentuali di radicazione di *Helichrysum stoechas* nell'epoca di fine maggio, di *Sporobolus pungens* nell'epoca di inizio ottobre e dai risultati qualitativi riscontrati in *Helichrysum stoechas* e *Otanthus maritimus.* Sia *Helichrysum stoechas* che *Otanthus maritimus,* seppur il secondo con intensità minore, hanno infatti più volte palesato stress fisiologici e marciumi al colletto probabilmente dovuti all'eccesso di irrigazione, mentre *Sporobolus pungens,* specie macroterma che dissecca in inverno, nell'epoca di inizio autunno ha iniziato a subire l'influenza del calo di temperature. In questi casi le micorrize arbuscolari hanno incrementato significativamente le percentuali e la qualità della radicazione, mostrando di aver favorito la resistenza agli stress, come già riscontrato per altre specie (Alguacil *et al.*, 2006; Koske *et al.*, 2008).
- La modalità di propagazione più efficiente per le Graminaceae (*Ammophila littoralis, Elymus farctus, Sporobolus pungens)* è stata la divisione dei cespi. Se ciò si è reso evidente per *Ammophila littoralis* ed *Elymus farctus*, in particolare nell'epoca di fine maggio quando le piante erano in fioritura, è stato invece minimamente apprezzabile per *Sporobolus pungens*, che ha portato risultati analoghi attraverso la propagazione per frammenti di rizomi. Riguardo alle porzioni da utilizzare per le talee, *Cistus salvifolius* ha confermato di dare buoni risultati con talee apicali, come già emerso in altri studi (Frangi *et* Nicola, 2004), viceversa i risultati di *Cistus incanus* hanno indicato percentuali più elevate da talee non apicali. Tuttavia riteniamo che per questa specie, vista la morfologia delle piante in natura, le talee possano essere prelevate comunque nelle parti terminali dei rami, con l'accortezza di comprendere porzioni già ben lignificate.
- Particolarmente interessanti, per i possibili risvolti pratici, sono stati i risultati sulle epoche di prelievo. Tutte le specie erbacee e suffruticose psammofile (*Ammophila littoralis, Elymus farctus, Anthemis maritima, Othantus maritimus, Helichrysum stoechas*) risultano infatti propagabili con successo nelle varie epoche testate, tranne *Sporobolus pungens,* che dissecca entrando in dormienza a fine ottobre e quindi ha fornito risultati molto scarsi a ottobre e nulli a fine novembre,
- La propagazione vegetativa si è dimostrata così una tecnica efficace e applicabile per tutte le specie testate, tranne che per *Juniperus oxycedrus* subs*. macrocarpa.* La sperimentazione sulla propagazione per talea del ginepro coccolone è stata infatti

abbandonata dopo le prime due epoche (6 mesi), perché nessuna talea aveva emesso radici, pur avendo formato callo di cicatrizzazione; pertanto non era più possibile ottenere le piante richieste nelle scadenze determinate dal progetto LIFE.
Le altre specie hanno fornito percentuali di radicazione (medie complessive di tutti i trattamenti, le modalità e le epoche) confortanti: *Ammophila littoralis* 81,5%, *Elymus farctus* 83,8%, *Sporobolus pungens* 53,9%, *Anthemis maritima* 95,0%, *Othantus maritimus* 98,8%, *Helichrysum stoechas* 75,0%, *Cistus salvifolius* 39,4%, *Cistus incanus* 44,2%.
Nella Tabella 3.2 sono riportate in sintesi le più importanti informazioni acquisite a seguito della sperimentazione condotta presso il CIRAA "E. Avanzi".

Specie	*Habitat*	*Tecnica di propagazione*	*Note*
Ammophila littoralis	2120	Seme + Cespi +++ Rizomi ++	Difficoltà da rizomi nell'epoca di fioritura.
Anthemis maritima	2210	Talee +++ Seme +++	Nessun trattamento al seme, ottima crescita delle talee anche nel periodo invernale.
Calystegia soldanella	2110	Seme +++	Scarificazione del seme e condizioni di buio.
Cistus incanus	2250	Seme ++ Talea ++	Nessun trattamento al seme. Talee primaverili.
Cistus salvifolius	2250	Talea ++	Talee primaverili apicali.
Echinophora spinosa	2120	Seme +	Maggiori ricerche necessarie.
Elymus farctus	2110	Seme +++ Cespi +++ Rizomi ++	Trattamenti di freddo e giberelline per seme. Difficoltà da rizomi nell'epoca di fioritura.
Eryngium maritimum	2120	Seme +++	Pulizia del seme e stratificazione fredda.
Helichrysum stoechas	2210	Seme ++ Talea +++	Nessun trattamento al seme. Suscettibile a marciumi del colletto.
Otanthus maritimus	2120	Talea +++ Seme ++	Semina in substrato.
Pancratium maritimum	2120	Seme +++	Condizioni di buio.
Pistacia lentiscus	2250	Seme ++	Rimozione polpa del frutto e alte temperature.
Sporobolus pungens	2110	Seme + Cespi +++ Rizomi +++	Vegetativa solo in primavera ed estate.
Juniperus oxycedrus	2250	Seme + Talea	Maggiori ricerche necessarie.

Tab. 3.2 *- Riassunto dei risultati delle sperimentazioni condotte al CIRAA "E. Avanzi". (i simboli: +,++,+++ indicano l'efficacia della tecnica: + scarsamente efficace, ++ efficace, +++ molto efficace)*

Conclusioni

Questo studio ha permesso di acquisire nuove conoscenze sulle specie dunali e rappresenta un primo passo verso la possibilità di mettere a punto protocolli per la produzione vivaistica di materiale autoctono. Sarebbero auspicabili ulteriori ricerche sulle tecniche di produzione in vivaio, in particolare per quelle specie che hanno evidenziato difficoltà di propagazione, così come appaiono sempre più necessarie maggiori informazioni sulle tecniche d'impianto *in situ* in modo da poter progettare al meglio gli interventi di stabilizzazione e riqualificazione dunale.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato reso possibile grazie al progetto LIFE-Natura DUNETOSCA "Conservazione degli ecosistemi costieri nella Toscana settentrionale" promosso dall'"Ente Parco Regionale Migliarino – San Rossore – Massaciuccoli.

Bibliografia

AA.VV. (2002) - La restauracion de las dunas litorales de la devesa de l'albufera de Valencia. *Adjuntament de Valencia, Valencia.*

AA.VV. (2007) - Manual de restauracion de dunas costeras. *Ministero de Medio Ambiente, Direcion General de Costas, Espana.*

ALGUACIL M., CARAVACA F., DÍAZ-VIVANCOS P., HERNÁNDEZ J., ROLDÁN A. (2006) - Effect of Arbuscular Mycorrhizae and Induced Drought Stress on Antioxidant Enzyme and Nitrate Reductase Activities in Juniperus oxycedrus L. Grown in a Composted Sewage Sludge-amended Semi-arid Soil. *Plant and Soil, Vol. 279, N. 1-2, pp. 209-218(10).*

ANPA (2001) - Propagazione per seme di alberi e arbusti della flora mediterranea. *Anpa, Roma.*

APAT (2003) - Biodiversità e vivaistica forestale, Aspetti normativi, scientifici e tecnici. APAT, Manuali e linee guida 18/2003, Roma.

APAT (2004) - I ginepri come specie forestali pioniere: efficienza riproduttiva e vulnerabilità. *APAT, Rapporti 40/2004, Roma.*

BERTONCINI L., VERNIERI P., BENVENUTI S., GINANNI M., LORENZINI G. (2010) - Progetto di Ripristino Dei Litorali Sabbiosi del Parco di San Rossore-Migliarino-Massaciuccoli: Propagazione di Ecotipi Dunali e Realizzazione di un Vivaio di Produzione. *Italus. Hortus, in corso di stampa.*

BUELL A. C., PICKART A. J., STUART J. D. (2002) - Introduction History and Invasion Patterns of Ammophila arenaria on the North Coast of California. *Conservation Biology, Vol. 9, N. 6, pp. 1587–1593.*

CANTOS M., CUERVA J., ZARATE R., TRONCOSO A. (1998) - Embryo rescue and development of *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* and *macrocarpa*. *Seed science and technology, vol.26, n.1, pp. 193-198.*

CONVERIO F. (2003) - Il restauro ambientale di un'area costiera antropizzata: Focene (Roma). Studio preliminare. Tesi di laurea sperimentale. Facoltà di scienze matematiche, fisiche e naturali, Università degli Studi di Roma "La Sapienza". A.A. 2002-2003.

DE LILLIS M., COSTANZO L., BIANCO P. M., TINELLI A. (2004) - Sustainability of sand dune restoration along the coast of the Tyrrhenian sea. *Journal of Coastal Conservation n. 10, pp. 93-100.*

DIECKHOFF M.S. (1992) - Propagating dune grasses by cultivation for dune conservation purposes. In: Carter, R.W.G. *et al.* (Ed.) (1992) - Coastal dunes: geomorphology, ecology and management for conservation. *Proceedings of the 3rd European Dune Congress Galway, Ireland, 17-21 June 1992. pp. 361-366.*

FRANGI P., NICOLA S. (2004) - Studio della propagazione per talea di specie mediterranee di interesse ornamentale. *Italus Hortus, Vol. 11, N. 4, pp. 191-193.*

GALLERI A. (2009) - La propagazione delle piante delle coste sabbiose. Sperimentazione in vivaio sulla propagazione vegetativa di specie del Parco Regionale Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli. Tesi di laurea specialistica. *Facoltà di Agraria, Università di Pisa. A.A. 2008-2009.*

HILTON M. J. (2006) - The loss of New Zealand's active dunes and the spread of marram grass (Ammophila arenaria). *New Zealand Geographer, Vol. 62, N. 2, pp. 105-120(16).*

HOBBS R. J., GIMINGHAM C. H., BAND W. T. (1983) - The Effects of Planting Technique on the Growth of *Ammophila arenaria* (L.) Link and *Lymus arenarius* (L.) Hochst. *Journal of Applied Ecology, Vol. 20, N. 2, pp. 659-672.*

KOSKE R.E., GEMMA J.N., CORKIDI L., SIGUENZA C., RINCON E. (2007) - Arbuscular mycorrhizas in coastal dunes. In: Martinez M.L. e Psuty N.P. (Ed.), *Coastal dunes: ecology and conservation, pp. 173-181. Springer, New York.*

LOUREIRO J., CAPELO A., BRITO G., RODRIGUEZ E., SILVA S., PINTO G., SANTOS C. (2007) - Micropropagation of Juniperus phoenicea from adult plant explants and analysis of ploidy stability using flow cytometry. *Biologia Plantarum, Vol. 51, N. 1, pp. 7-14.*

MENEGONI P. (2003) - Progetto “Linneo”. Dal metodo fitosociologico alla produzione vivaistica: uno strumento per conoscere, progettare, ripristinare gli ambienti della duna costiera. In AA.VV.. Manuale di Ingegneria naturalistica applicata alle cave, discariche e coste: pp 397-389. Regione Lazio, Roma.

MUSTICH M., LA VIOLA F., COCOZZA TALIA M. A. (2004) - Prove di interventi di consolidamento sul tratto di costa tra Punta Penna Grossa e Torre Guaceto (BR). *Italus Hortus, Vol. 11, N. 4, pp. 93-97.*

PANAYOTOVA LYUBOV G., TEODORA A., IVANOVA Y., BOGDANOVA V. GUSSEV, MARINAV I. (2008) - In vitro cultivation of plant species from sandy dunes along the Bulgarian Black Sea Coast. *Phytologia Balcanica, Vol. 14, N. 1, pp. 119 – 123.*

PRANZINI E., 2004. La forma delle coste: geomorfologia costiera, impatto antropico e difesa dei litorali. *Zanichelli, Bologna.*

TILKI F. (2007) - Preliminary results on the effects of various pre-treatments on seed germination of Juniperus oxycedrus L. *Seed Science and Technology, Vol. 35, N. 3, pp. 765-770(6).*

VAN DER LAAN D., VAN TONGEREN O. F. R., VAN DER PUTTEN W. H., VEENBAAS G. (1997) - Vegetation development in coastal foredunes in relation to methods of establishing marram grass (*Ammophila arenaria*). *Journal of Costal Conservation Vol. 3, pp. 179 – 190.*

VAN DER PUTTEN W. H., YEATES G., DUYTS H., REIS C., KARSSEN G. (2005) - Invasive plants and their escape from root herbivory: a worldwide comparison of the root-feeding nematode communities of the dune grass Ammophila arenaria in natural and introduced ranges. *Biological Invasions, Vol. 7, N. 4, pp. 733-746(14).*

VAN DER PUTTEN W. H. (1990) - Establishment of Ammophila arenaria (Marram Grass) from Culms, Seeds and Rhizomes. *The Journal of Applied Ecology, Vol. 27, No. 1 pp. 188-199.*

VIZCAÍNO MATARREDONA A. (2008) - La gestión del espacio: la Devesa de la Albufera de Valencia (España). Presentazione al convegno "Le Dune Costiere: esperienze di gestione europee ed italiane a confronto". *Ente Parco Regionale San Rossore-Migliarino- Massaciuccoli.*

4. Conservazione e ripristino delle dune nell'ambito della Gestione Integrata della Zona Costiera

di Giancarlo Bovina

Per la maggior parte delle aree litorali l'aumento della popolazione e lo sviluppo accelerato di attività produttive (turismo in particolare), determina conflitti e tensioni sociali tra i diversi usi delle coste. Attività tradizionali e usi a bassa pressione ambientale vengono frequentemente sostituiti da altri a carattere intensivo che risultano vantaggiose nel breve periodo (e spesso per un numero ristretto di persone) ma che alla distanza minacciano il potenziale della costa riducendone la qualità ed il suo valore socio-economico, nel contempo alterando anche drammaticamente gli equilibri ambientali.
Dal rapporto delle Nazioni Unite (*Plan Bleu* UNEP MAP - 2006) sullo stato di salute del Mediterraneo, ambienti naturali (coste sabbiose, dune, zone umide quali stagni, lagune, delta ed estuari) risultano cancellati per oltre 20.000 chilometri di coste, sviluppate per un totale di circa 46.000 chilometri. La cementificazione interessa più del 40% dei litorali con una prospettiva di incremento oltre il 50% entro il 2025. Lungo le coste mediterranee sono oggi presenti 584 città (318 nel 1950), 286 porti commerciali e 750 porti turistici, 13 impianti di produzione di gas, 55 raffinerie, 180 centrali termoelettriche, 112 aeroporti e 238 impianti di dissalazione. La popolazione residente da 70 milioni di abitanti nel 2000 con gli attuali tassi di crescita raggiungerà 90 milioni entro il 2025 (Figura 4.1). A questo si aggiunge la popolazione turistica che dai 175 milioni del 2000, nel 2025 raggiungerà i 312 milioni di individui.

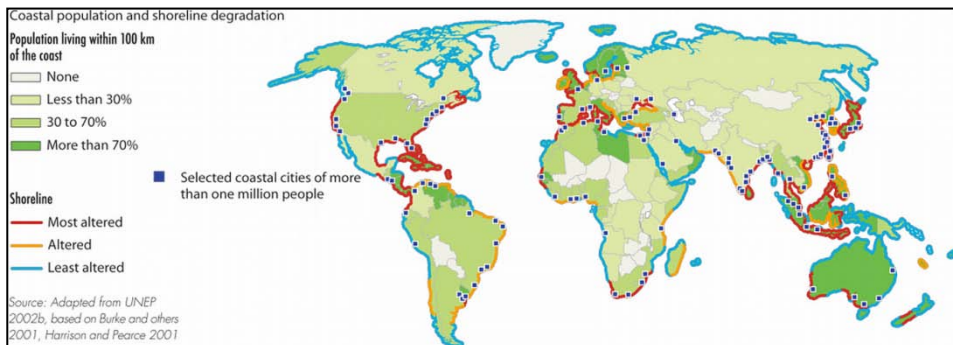



***Fig. 4.1** – Distribuzione della popolazione residente lungo le zone costiere*

I forti conflitti ambientali concentrati lungo la fascia costiera hanno già da tempo attirato l'attenzione dell'Unione Europea che già nel 2002, con la Risoluzione 94/C 135/02 del Consiglio delle Comunità Europee evidenziava "la necessità di una strategia comunitaria per la gestione e l'assetto integrati delle zone costiere, fondata sui principi di sostenibilità e di buona pratica ecologica ed ambientale".
Sullo stesso tema, più di recente, è stato firmato il Protocollo sulla Gestione Integrata delle zone costiere del Mediterraneo (protocollo ICAM: Integrated Coastal Areas Management - Madrid 2008) che rappresenta il più aggiornato protocollo tecnico della Convenzione di Barcellona, strumento giuridico e operativo del Piano d'Azione delle Nazioni Unite per il Mediterraneo (MAP). Con il protocollo, i 22 paesi firmatari (Italia compresa), considerando tra i diversi aspetti che le zone costiere del

Mediterraneo rappresentano il patrimonio naturale e culturale delle popolazioni che vi si affacciano, dovranno stabilire un comune quadro di riferimento per la gestione integrata delle zone costiere mediterranee e saranno impegnati nell'adottare tutte le opportune misure per lo sviluppo della cooperazione regionale. Gli obiettivi prioritari della GIZC sono:

- preservare le zone costiere per il beneficio delle generazioni attuali e future;
- garantire l'uso sostenibile delle risorse naturali con particolare riferimento alle acque;
- assicurare la conservazione dell'integrità degli ecosistemi, paesaggi e caratteri geomorfologici costieri;
- prevenire e/o ridurre gli effetti dei rischi naturali, in particolare di quelli collegati al mutamento climatico;
- realizzare la coerenza tra iniziative pubbliche e private e tra tutte le decisioni dell'autorità pubblica a tutti i livelli, nazionale, regionale, locale, che possano influire sull'uso delle zone costiere.

Risulta evidente come molte delle indicazioni del Protocollo siano già accolte, settorialmente, nella ordinaria legislazione, tuttavia il quadro tracciato secondo una visione coordinata, finalizzato alla conservazione degli equilibri e delle dinamiche naturali, al corretto uso delle risorse e alla promozione delle attività sostenibili, costituisce un elemento mancante e ormai imprescindibile nella gestione delle zone costiere. La gestione integrata delle zone costiere (GIZC) mira, infatti, ad aggregare le varie politiche che esercitano un influsso sulle regioni costiere europee e si attua attraverso la pianificazione e la gestione delle risorse e dello spazio costieri.
La tutela degli ecosistemi naturali è indubbiamente uno degli obiettivi principali della strategia, ma la GIZC si prefigge anche di promuovere il benessere economico e sociale delle zone costiere e metterle in condizione di ospitare comunità moderne e dinamiche. Nelle zone costiere, questi obiettivi ambientali e socioeconomici sono intimamente e indissolubilmente legati.
Nonostante l'ampio e articolato sviluppo delle coste e la posizione nell'ambito del bacino Mediterraneo in Italia non esiste normativa specifica in materia di gestione integrata delle zone costiere, mentre sono molteplici le iniziative regionali tuttavia quasi sempre caratterizzate, ancora una volta, da visioni settoriali scarsamente coordinate che contraddicono l'obiettivo primario della GIZC.

4.1 I temi della GIZC

E' utile rammentare come la "zona costiera" rappresenta "l'area a cavallo della linea di riva entro la quale l'interazione tra la parte emersa e quella sommersa avviene sotto forma di sistemi ecologici e sistemi di risorse costituiti da componenti biotiche e abiotiche coesistenti ed interagenti con le comunità umane e attività socio-economiche rilevanti". In termini operativi la "zona costiera" dovrebbe comprendere l'insieme dei bacini idrografici che influenzano la costa, specie per gli aspetti della qualità delle acque che per quelli del trasporto di sedimenti, il quale condiziona la stabilità degli arenili. Tuttavia le tematiche sulle quali si articola la GIZC sono molteplici. Tra le principali:

- assetto idrologico-idrogeologico e geomorfologico;
- gestione quali-quantitativa delle risorse idriche;
- portualità e trasporto marittimo;
- habitat, biodiversità e paesaggio;
- turismo;
- pesca ed acquacoltura;
- agricoltura;

- risorse energetiche;
- sistema insediativo ed infrastrutturale (servizi e mobilità);
- patrimonio storico-culturale.

La GIZC ha come presupposto fondamentale il coinvolgimento di tutti i responsabili delle politiche locali, regionali, nazionali ed europee e più in generale di tutti i soggetti che con le proprie attività influenzano le regioni costiere, quindi non solo i funzionari statali ed i responsabili delle politiche nazionali, ma anche, tra gli altri, le popolazioni locali, le organizzazioni non governative e le imprese. Proprio in relazione al numero ed alla complessità delle tematiche citate, gli attori a pieno titolo interessati alla GIZC sono numerosi; oltre agli Enti territoriali (Regioni, Province, Comuni...) nell'uso e nella gestione degli spazi costieri sono coinvolti le Autorità di Bacino i Consorzi di Bonifica le Capitanerie di Porto oltre a differenti categorie di portatori di interessi quali:

- associazioni balneari;
- associazione di pescatori;
- operatori operatori turistici e del mondo della nautica;
- associazioni ambientaliste e culturali;
- associazioni dei consumatori e pubblico coinvolto.

4.2 GIZC ed erosione costiera

Uno dei fenomeni più eclatanti della trasformazione dei litorali è la perdita di superfici di spiaggia dovuta all'erosione costiera: per effetto del ridotto apporto di sedimenti da parte dei corsi d'acqua, frequentemente associato alla cementificazione degli ambienti naturali (che hanno perso la capacità di risposta), i litorali sabbiosi si sono ridotti del 40%, con tassi annui di arretramento che variano da pochi centimetri ad oltre 10 metri. L'arretramento dei litorali in Italia si manifesta con particolare intensità: in epoca storica l'intensa deforestazione che ha interessato la penisola, ha creato la disponibilità di grosse quantità di sedimenti che hanno portato al forte accrescimento delle spiagge e la formazione d'ingenti depositi nelle barre sommerse, nelle dune e nelle forme deltizie. A partire dalla metà del XIX secolo, il successivo abbandono delle coltivazioni e la parallela ricrescita dei boschi, accompagnati da diffusi interventi di sistemazione idrogeologica dei versanti e sistemazione idraulica dei corsi d'acqua, ha drasticamente ridotto l'apporto sedimentario ai litorali con l'effetto che risulta in erosione oltre il 42% delle spiagge. Il dissesto delle coste sabbiose si colloca poi nella prospettiva che il rischio di risalita del livello del mare, legato al mutamento climatico, rende i territori costieri fortemente vulnerabili al fenomeni di sommersione, insalinamento e distruzione da mareggiate estreme.

In relazione ai rischi delle zone costiere, nell'ottica di prevenire e mitigare in modo più efficace gli impatti negativi derivanti dall'erosione costiera, attraverso il protocollo ICAM i paesi mediterranei firmatari si impegnano di adottare le misure necessarie <u>per conservare o ripristinare la capacità naturale della costa di adattarsi ai cambiamenti inclusi quelli riconducibili al rischio di risalita del livello del mare</u>.

La nuova frontiera per la mitigazione dell'erosione costiera e la tutela delle attività produttive legate alla stabilità delle spiagge è quindi rappresentata dalle soluzioni che la gestione integrata delle zone costiere offre per il riequilibrio dei sistemi fiume-costa. In altri termini, da un lato promuovere usi flessibili che accettino la non rigidità della linea di riva (e conseguentemente delle spiagge) e dall'altro favorire i meccanismi di rialimentazione naturale, soprattutto attraverso la gestione dei depositi di sedimento intrappolati dalle opere di sbarramento lungo i corsi d'acqua (dighe, traverse, briglie).

4.3 La conservazione degli ambienti dunali nell'ambito della GIZC

Parte integrante del sistema geomorfologico della spiaggia, le dune costiere costituiscono l'elemento di transizione tra litorali sabbiosi e l'ambiente continentale, svolgendo il ruolo di raccordo funzionale sia sotto il profilo fisico che biotico: l'interfaccia mare - terra tra i maggiormente interattivi e funzionali.
In relazione alle caratteristiche dimensionali ed alle condizioni geomorfologiche del paraggio, i depositi eolici costieri possono svolgere differenti funzioni "tampone", di carattere sia fisico che ecologico-naturalistico.
L'importanza ecologica delle dune costiere risiede in particolare nelle comunità vegetali, strettamente caratteristiche di tali ambienti, ed alle quali sono riconducibili i meccanismi più significativi di consolidamento ed accrescimento del deposito eolico. Anche sotto il profilo faunistico gli ecosistemi dunali rappresentano habitat unici a cui va aggiunto il ruolo di corridoi ecologici in ambiente costiero. Allo stato di conservazione delle dune e delle spiagge è strettamente legato quello di altri importanti ecosistemi costieri e marino-costieri (zone umide, ambienti di transizione, *facies* di spiaggiamento di fanerogame marine e biomasse terrestri, posidonieti).

Fig. 4.2 e 4. 3 - *Dune e stagni costieri a Porto Pino (Ca) (a sx); Spiaggiamenti vegetali e forme di deposito eolico (Riserva Naturale Regionale Sentina – San Benedetto del Tronto) (a dx)*

Nel considerare importanza e funzioni delle dune costiere, non deve essere trascurata anche la forte valenza paesaggistica, e a volte anche storico – culturale, che questi ambienti assumono; nonostante poi l'aggressione turistica costituisca oggi la più grande minaccia all'integrità dei sistemi dunali (specie quelli relittuali vicini alla naturalità), il fascino del paesaggio delle dune costiere rappresenta un elemento fortemente attrattivo per la stessa frequentazione turistica e per la fruizione balneare.
La presenza dei corpi sedimentari dunali costieri è in grado di determinare un complesso di funzioni fisiche strettamente interconnesse. E' opportuno evidenziare come queste siano potenziali e sitospecifiche, dipendendo dalle caratteristiche dimensionali, dall'assetto geomorfologico e sedimentario che ne ha portato alla formazione e stabilizzazione, dalle condizioni al contorno e dallo stato ambientale del contesto costiero (artificializzazione e impatto antropico).
Soprattutto in condizioni naturali (vale a dire quando l'antropizzazione non ostacola il processo naturale di formazione e sviluppo), il deposito costiero costituisce una barriera morfologica contro l'ingressione marina e conseguente protezione dall'inondazione dei territori costieri, una riserva di sabbia in grado di rialimentare le spiagge durante le fasi erosive, un acquifero d'acqua dolce efficace soprattutto nel

contenere i meccanismi di intrusione salina. La barriera morfologica dunale protegge anche dall'insalinamento diretto che si genera a seguito dell'allagamento da ondazione dei terreni retro spiaggia; in tal modo essa integra la funzione di controllo idrostatico svolta dalla massa di acqua dolce ospitata dal corpo dunale che si contrappone ai meccanismi di intrusione salina presenti lungo le coste.
Le funzioni fisiche descritte assumono ulteriore rilevanza nello scenario collegato al rischio da risalita del livello marino. Molte regioni costiere già mostrano gli effetti dell'incremento relativo e localizzato del livello del mare. Nell'ultimo secolo il livello marino globale ha avuto tassi di risalita di 1.7÷1.8 mm/anno che nel corso dell'ultima decade hanno mostrato incremento del rateo di risalita pari a 3 mm/anno. I fenomeni risalita del livello del mare-derivano dalla complessa interazione tra fattori fisici (naturali o antropici) quali erosione costiera, subsidenza e fattori locali, e i meccanismi indotti dal riscaldamento globale (dilatazione termica, incremento della forza e frequenza delle tempeste, scioglimento dei ghiacciai).
In ambito Mediterraneo, specie per la difficoltà di valutazione della componente legata al riscaldamento globale, il fenomeno risulta ancor più complesso. Oltre agli aspetti ecologici citati inizialmente, i depositi eolici costieri svolgono un ruolo tampone anche in relazione agli scambi trofici tra mare e terra. Infatti i flussi di materiale, tra spiaggia e duna, non riguardano solo le sabbie ma anche le sostanze trasportate con lo spray marino, il movimento di acque sotterranee con trasporto di nutrienti e scambi organici in entrambe le direzioni dell'interfaccia duna-spiaggia. Gli spiaggiamenti vegetali (fanerogame marine e terrestri) delle *driftline* costituiscono una risorsa molto utile per la formazione di nuclei embrionali e per il successivo sviluppo di apparati dunali; grazie a questi apporti organici infatti, increspature e piccoli depositi possono evolvere, anche rapidamente, in dune mobili (*foredune*).
In condizioni di bilancio sedimentario positivo, gli spiaggiamenti vegetali favoriscono i processi di recupero di sistemi dunali degradati, mentre la presenza di rifiuti tra le biomasse naturali spiaggiate costituisce un duplice elemento di impatto: per il degrado e la contaminazione diretta e per la ineludibile necessità di pulizia che la fruizione di questi ambiti impone.
Costituendo corpi sedimentari in mutua relazione, l'erosione delle spiagge è frequentemente associata alla demolizione delle dune costiere. Questi corpi sabbiosi rappresentano così una risorsa naturale difficilmente rinnovabile poiché le azioni di controllo o di mitigazione dell'erosione costiera sono complesse, frequentemente critiche e raramente risolutive.

Figg. 4.4 e 4.5 - *Demolizione della duna alla foce del Fiume Astura (Lt) per effetto dell'erosione costiera (inverno 2008)*

Sulla base dei dati forniti dalla *EUCC (European Union for Coastal Conservation*) – riferiti sino agli anni '90 del secolo scorso, nell'Europa centrale e occidentale le dune costiere risultavano estese su superfici dell'ordine dei 5.300 km^2 corrispondenti a circa il 75% di quelle del secolo precedente. Nell'ambito delle coste mediterranee la riduzione di questi ambienti risultava maggiore, essendo integro solo il 25% delle superfici originali. Per quanto riguarda la costa italiana, tra gli inizi del 1900 e gli anni '90, EUCC stimava una perdita dell'ordine dell'80% delle superfici iniziali, vale a dire da circa 35.000□45.000 ha a circa 7.000□9.000 ha.
Un tentativo di aggiornamento del quadro descritto è riportato nella tabella allegata, dove è stato sintetizzato il risultato di una valutazione orientativa dello *stato di antropizzazione* delle dune costiere italiane. La valutazione è stata basata sulla osservazione di immagini *Google Earth* sulle quali sono stati sovrapposti gli strati informativi dell'Atlante delle Spiagge Italiane del CNR relativi ai tratti litorali caratterizzati dalla presenza di dune costiere. Per *stato di antropizzazione* si è intesa l'assenza di strutture, opere e manufatti (strade, edificazioni, coperture, opere di difesa, ecc.) che possano interferire direttamente con il naturale processo di trasporto, deposizione e stabilizzazione delle sabbie eoliche.

REGIONE	sviluppo costiero Km (*)	costa bassa Km (*)	sviluppo dune Km	dune antropizzate Km	dune non antropizz. Km
LIGURIA	350	94	0	//	//
TOSCANA	442	199	125,6	52,7	72,9
LAZIO	290	216	65,9	42,8	23,1
CAMPANIA	480	224	62,5	50,4	12,1
CALABRIA	736	692	60,3	41,8	18,5
BASILICATA	68	36	29,6	8,2	21,4
PUGLIA	865	302	146,5	82,7	63,8
MOLISE	36	14	0,0	//	//
ABRUZZO	125	99	2,0	2	0
MARCHE	172	144	0,0	//	//
EMILIA-ROMAGNA	130	130	48,3	21,9	26,4
VENETO	140	140	14,4	7,3	7,1
FRIULI V. G.	111	76	7,6	1,2	6,4
SICILIA	1623	1117	98,1	70,2	27,9
SARDEGNA	1897	459	88,2	36,1	52,1
totale	7465	3848	749,0	417,3	331,7

(*) Lo sviluppo costiero e la distribuzione di costa bassa sono stati presi da Studi Costieri n.10/2006

***Tab. 4.1** - Presenza e antropizzazione delle dune lungo la costa italiana*

Dall'analisi, che ha evidentemente un valore solo indicativo e introduttivo, si rileva come le dune non antropizzate abbiano una estensione residua di circa 330 km, interessando in tal modo circa l'8.6% del totale della costa bassa nazionale; si tratta prevalentemente di sviluppi frazionati in sistemi discontinui di pochi chilometri. Tuttavia, la sopravvivenza di molti chilometri di ambienti dunali ancora non cementificati o direttamente artificializzati (in alcuni casi anche per lunghi tratti continui), testimonia della possibilità di dar vita ad un'ampia e significativa azione di tutela e ripristino delle dune costiere italiane da parte di enti territoriali e di ricerca e dalle associazioni ambientaliste spesso impegnate sui temi della conservazione degli ecosistemi costieri e marino-costieri. Ovviamente tale strategia si deve confrontare

con il reale stato di conservazione delle dune; a tal proposito è opportuno evidenziare come nel giudizio di "naturalità" esposto, sfuggono sostanzialmente, tra gli altri, i meccanismi di antropizzazione prodotti dal calpestio, dagli effetti di impianti vegetali non strettamente coerenti con il dinamismo dunale (es. pinete costiere non autoctone), dall'invasione di specie vegetali aliene.
Tra i meccanismi più specifici e localizzati, tutti riconducibili a modelli funzionali degli ambienti litorali non sostenibili, figurano le stesse attività balneari, il calpestio incontrollato e le pulizie meccanizzate (Figure 4.6 e 4.7). In particolare le pulizie meccanizzate producono un complesso di danni legati alla demolizione delle forme embrionali di deposito, all'alterazione del grado di addensamento del sedimento di spiaggia (rende più efficace l'azione erosiva delle onde), al danneggiamento/eliminazione della vegetazione pioniera, alla sottrazione delle biomasse vegetali spiaggiate, queste ultime determinanti nella dinamica trofica ed ecologica dell'ambiente spiaggia-duna (ma anche di quello marino-costiero).

Figg. 4.6 e 4.7 *- Pressione turistica sulla spiaggia e duna della Pelosa a Stintino (SS) (a sx) e pulizie meccanizzate della spiaggia del Parco Nazionale del Circeo (a dx)*

Per individuare correttamente una strategia efficace di controllo del disturbo creato dalla fruizione degli ambienti di spiaggia è opportuno dare una dimensione alla pressione del turismo balneare soprattutto in termini economici. Si fa così riferimento ai dati ufficiali forniti dal SIB (Sindacato Balneari) attraverso il *RAPPORTO SULLE IMPRESE BALNEARI 2007* (Copyright © 2007 Mercury) (cfr. www.sindacatobalneari.it).
Nel 2005 il numero di presenze alberghiere nelle località marine ha superato i 112 milioni, pari al 32% del totale nazionale. Più specificamente, il numero complessivo degli stabilimenti balneari nel 2006 ha superato le 15.000 unità. Le superfici di spiaggia in concessione assommano a circa 22,2 Km^2; considerando lo sviluppo delle coste basse pari a 3950 Km (per una profondità media di spiaggia pari a circa 15 ÷ 20 m), si può stimare una "infrastrutturazione" balneare dell'ordine del 30 ÷ 40 % delle superfici di spiaggia. Ma oltre ad attività non dichiarate, che sfuggono alle valutazioni ufficiali, è certo che anche gran parte delle "spiagge libere" sono interessate dal calpestio come da pulizia meccanizzata. In termini economici l'indagine SIB Fipe, porta a valutare il fatturato dei 12.968 "bagni" (stabilimenti balneari e servizi balneari) stimati attivi nell'anno 2006, in circa 1.466,3 mln di euro per una media di 113.077 euro a struttura. Dividendo il fatturato annuo per le superfici in concessione si ricava un fatturato specifico di circa 66 € per metro quadrato di spiaggia. Se già questo valore sembra interessante si consideri che la

dimensione economica dell'industria balneare ha una dimensione decisamente superiore.
Secondo Nomisma (2005) con un fatturato di circa 13 miliardi di Euro l'anno, circa l'1% del Pil italiano ogni metro quadrato di spiaggia può creare ricchezza per 1000 ÷ 1.500 €/mq. Risulta evidente l'interesse economico delle spiagge ed è evidente che qualunque pianificazione dell'uso delle spiagge e delle dune e qualunque strategia di conservazione o addirittura ripristino si deve confrontare con tale dimensione.
In un approccio organico ed ecologicamente coerente, la tutela delle dune costiere implica necessariamente di controllare i meccanismi di disturbo e di degrado agevolando le dinamiche naturali nei processi di formazione e di stabilizzazione dei depositi sabbiosi. Solo dopo aver rimosso o almeno mitigato le azioni di disturbo, si rendono possibili e sostenibili anche interventi di restauro o di ripristino.
La conservazione delle dune costiere, la loro valorizzazione (intesa come occasione di uso sostenibile) e l'eventuale ripristino, necessitano di azioni "profonde" che possono essere inquadrate unicamente in una integrazione degli obiettivi secondo la filosofia di approccio della GIZC. In tal senso, voler conservare e ripristinare sistemi dunali significa necessariamente attuare un processo di gestione integrata che comporti l'adozione di linee di intervento organiche per la corretta pianificazione, uso e "manutenzione sostenibile " del sistema spiaggia – duna, incentrate sostanzialmente nel:

- rimuovere o almeno contenere i fattori di disturbo connessi alla fruizione turistico-balneare (in particolare controllo del calpestio e pulizia ecologica della spiaggia);
- agevolare i meccanismi di deposizione eolica (che determinano la formazione e lo sviluppo delle dune).

Azioni alle quali si aggiunge la necessità di controllo delle specie vegetali invasive.
Allo stato attuale oltre all'erosione costiera dovuta ad un insieme di cause naturali e antropiche fortemente interconnesse, la conservazione delle dune costiere è gravemente minacciata, come detto, dalla fruizione turistica e ricreativa delle spiagge principalmente attraverso i disturbi creati dal calpestio e dalle pulizie meccanizzate. Il controllo di tale fattore viene frequentemente raggiunto attraverso la realizzazione di passerelle o passaggi protetti associati ad opportune recinzioni dissuasive. Ove ben progettate e ubicate (e mantenute), tali opere sono in grado di contenere efficacemente il grave impatto prodotto sul sistema dunale. Di più difficile attuazione risultano azioni di controllo dell'impatto legato alle pulizie meccanizzate delle spiagge che sovente investono il punto più vulnerabile della struttura dunale identificato proprio nella fascia al piede del deposito di passaggio tra spiaggia e duna.
Le pulizie meccanizzate producono un complesso di gravi danni legati a:

- demolizione delle forme embrionali di deposito;
- alterazione del grado di addensamento del sedimento di spiaggia (rende più efficace l'azione erosiva delle onde);
- danneggiamento/eliminazione della vegetazione pioniera;
- sottrazione delle biomasse vegetali spiaggiate, queste ultime determinanti nella dinamica trofica ed ecologica dell'ambiente spiaggia-duna;
- sottrazione di sabbie.

Ovunque le spiagge denunciano condizioni di degrado ambientale sempre maggiore prodotto dalla presenza di ingenti quantità di rifiuti solidi abbandonati ma soprattutto spiaggiati nel corso delle mareggiate. La principale fonte di inquinamento è riconducibile al dilavamento degli argini e degli alvei dei corsi d'acqua sempre più spesso utilizzati come discariche prodotto da piogge intense. Attraverso questi meccanismi i rifiuti solidi si mescolano ai materiali naturali (fanerogame marine e terrestri, alghe, detriti e parti lignee) che, come più oltre approfondito, hanno una

funzione ecologica fondamentale specie nella creazione e sviluppo delle forme dunali embrionali. In merito alle biomasse distribuite lungo la *driftline*, è facile osservare come questa sia molto spesso caratterizzata dalla deposizione di detriti vegetali marini costituiti principalmente da foglie, rizomi e resti fibrosi di *Posidonia oceanica* (a volte in bancate molto appariscenti – conosciute in letteratura come *banquettes* - e, dove le praterie di Posidonia sono lontane o assenti da resti, in genere molto meno consistenti, di altre fanerogame marine, ad es. *Cymodocea*).
La presenza di rifiuti solidi degrada sempre più profondamente gli habitat marino-costieri con processi di alterazione sia fisici che biologici (Figura 4.8). Alla contaminazione materiale si aggiunge poi un meccanismo culturale con il quale lo spiaggiamento viene identificato univocamente come rifiuto, anche quando sia costituito da prodotti naturali vegetali. In tal modo, oltre al massiccio degrado e alla contaminazione dell'ambiente di spiaggia, vengono rese ineludibili per la fruizione turistico-balneare, continui e drastici interventi di pulizia meccanizzata, estremamente dannosi per l'ambiente naturale.

Fig. 4.8 *- Spiaggiamento di rifiuti conseguente ad una mareggiata invernale*

Anche la diffusione di specie vegetali aliene costituisce un forma di impatto fortemente critica per la conservazione degli ambienti dunali poiché interferisce direttamente con la composizione floristico-vegetazionale delle specie a cui sono dovuti processi di edificazione e consolidamento dei depositi. La diffusione delle specie aliene invasive è oggigiorno una grave minaccia alla biodiversità a livello mondiale e costituisce anche un notevole problema economico a causa dei danni che queste specie possono provocare alle attività umane. L'impatto delle specie invasive nel nuovo ambiente può determinare una graduale degradazione ed alterazione dell'habitat e il declino delle specie native, a volte fino all'estinzione, portando ad una diminuzione della biodiversità locale e ad un omogenizzazione della fauna e della flora.
Uno dei più evidenti esempi nel Mediterraneo è proprio quello dell'estrema diffusione lungo le coste del *Carpobrotus* specie aliena naturalizzata, di origine sud africana introdotta in Europa negli anni '50 proprio per la stabilizzazione delle dune e delle coperture sabbiose. Come per altre specie vegetali esotiche, anche il contenimento del Carpobrotus è una pratica difficile. L'eradicazione completa è praticamente impossibile (Figura 5.9) poiché (vista la forte dispersione dei semi specie ad opera della fauna che se ne ciba) comporterebbe l'eliminazione della specie anche dalle aree vicine. E' invece praticabile cercare di limitarne la diffusione almeno in quei contesti dove particolarmente nociva è la loro presenza, come nel caso dei biotopi

dunali. La rimozione di carpobrotus deve comunque essere attuata con cautela e opportuno monitoraggio per due ordini di motivi:

- la specie, anche se critica per la flora locale, in genere ricopre ampie superfici di sabbia che, specie nelle porzioni sommitali dei depositi, improvvisamente liberata dalla copertura vegetale, può essere rapidamente asportata da parte del vento, anche verso l'entroterra (out put del bilancio dunale);
- alla rimozione del *Carpobrotus* può succedere la limitata comparsa di specie autoctone e la sensibile affermazione di specie aliene.

F***ig. 4.9*** *- Prove di rimozione manuale su aree campione di Carpobrotus acinaciformis, condotta sul deposito eolico della Pelosa nell'ambito degli interventi di difesa del sistema dunale sostenuti dal Comune di Stintino (Convenzione Comune di Stintino – Ex ICRAM: Lo studio, la salvaguardia ed il recupero ambientale delle risorse paesaggistiche del tratto di mare comprendente la spiaggia della Pelosa. Consulenza alla progettazione e monitoraggio morfo-topografico Studio Associato GeoSphera).*

4.4 Indirizzi metodologico-operativi per la gestione integrata del sistema spiaggia-duna

Nelle spiagge ricadenti in un'area protetta o in siti della Rete Ecologica Natura 2000), pur considerando le necessità di pulizia imposte dalla fruizione turistica, non possono essere tollerate azioni e interventi massimalisti e grossolani. Spesso tali interventi, del tutto incuranti della fragilità e la vulnerabilità dei sistemi spiaggia-duna, vengono attuati anche al di fuori della stagione balneare e in inverno (quando le spiagge sono meno profonde e le mareggiate più intense) aumentando i fattori di degrado descritti.
Per poter garantire la compatibilità tra pulizia delle spiagge e conservazione dei meccanismi naturali sarebbe opportuno poter attuare campagne di pulizia condotte essenzialmente in modo manuale, le sole che sono in grado di limitare il danneggiamento fisico-meccanico del deposito, conservare la vegetazione pioniera, rimuovere accuratamente i soli rifiuti lasciando in posto solo le frazioni naturali.
Tenendo comunque presenti, sia le necessità di garantire condizioni igieniche adeguate alla frequentazione turistica e una qualità elevata ambientale anche sotto il profilo estetico, sia gli aspetti di sostenibilità economica di interventi condotti manualmente e selettivamente, si ritiene necessario seguire un protocollo operativo fondato sui seguenti punti:

1. Istituzione di una fascia di rispetto assoluto del piede dunale della profondità sufficiente a garantire la conservazione dei processi naturali di formazione e stabilizzazione della duna nel suo settore più delicato e strategico (fronte antedunale). In linea di principio tale profondità non dovrà essere inferiore ai 6 ÷ 8 metri a partire dal piede del deposito eolico.
2. Realizzazione di recinzione basale per la delimitazione fisica della fascia di rispetto assoluto. La delimitazione non sarà solo concettuale ma prevede il

posizionamento di recinzioni in legno che oltre ad evitare il passaggio dei trattori o di qualunque altro mezzo meccanico utilizzato per la pulizia, costituisca anche un evidente invito per i bagnanti a non attraversare la duna al di fuori dei punti di passaggio autorizzati (passerelle e camminamenti protetti).

3. Attuazione di pulizia manuale e selettiva all'interno dell'area di protezione integrale della fascia antedunale. La azioni di pulizia saranno condotte rimuovendo i resti e materiali antropici e lasciando (eventualmente spostando verso la base della duna) i resti vegetali e altri materiali naturali utili. Queste azioni dovranno essere condotte avendo la massima cura nel non danneggiare la vegetazione pioniera autoctona in qualunque fase vegetativa essa si trovi.
4. Realizzazione delle opere naturalistiche di protezione all'interno della fascia di rispetto. In particolare le opere frangivento dovranno essere realizzate in modo tale da favorire l'accumulo della biomassa spiaggiata utile per la creazione e la "stabilizzazione" naturale, delle forme embrionali del deposito eolico.

Bibliografia

ARMAROLI C., BALOUIN Y., CIAVOLA P., CAPATTI D. (2005) - Nearshore bars as a natural protection of beaches, field evidences from Lido di Dante beach, Adriatic Sea. *Proceedings of ICCCM'05 Conference, University of Porto, Portugal.*

AA.VV. (2006) - Lo stato dei litorali italiani. Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'ambiente Costiero. *STUDI COSTIERI n. 10.*

BOVINA G. (2004) - Restauro e conservazione delle dune costiere. Professione geologo - Rivista dell'Ordine dei Geologi del Lazio - Bovina G. *et Alii*. (2007) La gestione strategica della difesa dei litorali per lo sviluppo sostenibile della zona costiera del Mediterraneo – Quaderni Tecnici FASE B - Misura 3.4 Sistemi di difesa naturali –Programma POSIDUNE. Interreg 3C BEACHMED-e..

CARTA L., MANCA M., BRUNDU G. (2004) - Removal of *Carpobrotus acinaciformis* (L) L. Bolus from enviromental sensitive areas in Sardinia, Italy.

CONVENZIONE DI BARCELLONA (2008) - Convenzione per la protezione dell'ambiente marino e delle regioni costiere del Mediterraneo. Protocollo sulla Gestione Integrata delle zone costiere del Mediterraneo (ICAM) - Madrid.

DOODY. J. P. (2008) - Sand Dune Inventory of Europe. 2nd Edition. National Coastal Consultants and EUCC - The Coastal Union, in association with the IGU Coastal Commission. ed.

EUCC (1991) - Sand Dune Inventory of Europe. Editor: J.P. Doody,. *Publ: JNCC (UK) and EUCC.*

FRAGA P., ESTAUN I., OLIVES J., Da CUNHA G., ALARCON A., COTS R., JUANEDA J., RIUDAVETS X. (2006) - Eradication of *Carpobrotus* (L.) N.E. Br. In Minorca

HARDAWAY C.S., VARNELL L.M., MILLIGAN D.A., THOMAS G.R., HOBBS C.H. (2001) - Chesapeake Bay Dune Systems: Evolution and Status. Final Report. Virginia Institute of Marine Science College of William & Mary Gloucester Point, Virginia *(pubblicazione online).*

HART DEIRDRE E., KNIGHT GEMMA A. (2009) - Geographic Information System assessment of Tsunami vulnerability on a dune coast. *Journal of Coastal Research 01-JAN-09*

MC LACHLAN A. (1992) - The exange of materials between dune and beach system. Coastal Dunes: geomorphology, Ecology and Management for Conservation. *Edited by Carter, Curtis & Sheehy-Skeffington.*

PARRY M. L., CANZIANI O. F., PALUTIKOF J. P., VAN der LINDEN P. J., HANSON C. E. (2007) - Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of

Working Group II to the Fourth Assessment *Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK.*
PERINI L., CIAVOLA P., ARMAROLI C., LUCANI P. - Analisi della vulnerabilità per ingressione marina durante gli eventi di mareggiata lungo il litorale dell'Emilia-Romagna. Applicazione dei dati Lidar. Area studio: Lido di Dante Sud. Pubblicazione on line del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Direzione Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa, Regione Emilia-Romagna.
UE (2000) - Gestione integrata delle zone Costiere: una strategia per l'Europa. Comunicazione della Commissione al Consiglio ed al Parlamento Europeo (COM/00/547 del 27 settembre 2000).
UE (2002) - Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa all'attuazione della Gestione integrata delle zone Costiere in Europa – Adottata dal Consiglio e dal Parlamento Europeo il 30 maggio 2002 (2002/413/CE).

5. PRIME VALUTAZIONI SULLO STATO DI CONSERVAZIONE DEGLI AMBIENTI DUNALI COSTIERI DEL LAZIO: IPOTESI PER IL REPERIMENTO DI AREE PROTETTE COSTIERE

di Massimo Amodio

Il presente lavoro si pone come obiettivo l'individuazione di un processo metodologico lineare, trasparente ed operativo per definire una ipotesi concreta di reperimento di aree protette costiere. La ricerca di tale processo ha portato a definire il seguente flusso logico:

1. Individuazione dei sistemi dunali presenti sul litorale laziale
2. Mappatura dei sistemi dunali presenti sul litorale laziale
3. Prime valutazioni sullo stato di conservazione dei sistemi dunali
4. Implementazione delle informazioni in un sistema GIS
5. Ipotesi per il reperimento di aree protette costiere.

5.1 Individuazione sistemi dunali

L'individuazione dei sistemi dunali è stata condotta attraverso l'analisi e la stratificazione di differenti tipi di documentazione cartografica, in particolare:

- Cartografia storica (I.G.M.I.)
- Cartografia attuale (C.T.R. Regione Lazio)
- Cartografia tematica (Atlante delle Spiagge, Pubblicazioni scientifiche specifiche etc.)
- Immagini da satellite
- Foto aeree

Le osservazioni cartografiche sono state poi verificate e validate attraverso ricognizioni di campo mirate.

5.2 Mappatura dei sistemi dunali

I sistemi dunali individuati secondo il punto 1, sono stati mappati inserendoli su una base cartografica (riferita al sistema WGS84 - UTM33N), al fine di una corretta gestione in ambiente GIS.
Per tale scopo, il litorale laziale è stato suddiviso in 6 Unità Fisiografiche (Figura 5.1), ognuna delle quali contenente uno o più sistemi dunali:

<u>U.F. 1 – Tra l'Argentario e Capo Linaro</u>
1.a – Sistema dunale dalla foce del F. Chiarore alla foce del F. Marta

<u>U.F. 2 – Tra Capo Linaro e la Foce del Tevere</u>
2.a – Sistema dunale tra S. Severa e Ladispoli
2.b – Sistema dunale tra Palidoro e Fiumicino

<u>U.F. 3 – Tra la Foce del Tevere e Capo d'Anzio</u>
3.a – Sistema dunale tra la Foce del Tevere e Tor Caldara

<u>U.F. 4 – Tra Capo d'Anzio e Capo Circeo</u>
4.a – Sistema dunale tra Nettuno e Torre Astura

4.b – Sistema dunale tra la foce del F. Astura e Torre Paola

U.F. 5 – Tra Capo Circeo e Monte Orlando

5.a – Sistema dunale tra S. Felice Circeo e Terracina
5.b – tra Terracina e Sperlonga/Torre Truglia
5.c – Sistema dunale della spiaggia di Torre Capovento
5.d – Sistema dunale della spiaggia di S. Agostino
5.e – Sistema dunale della spiaggia dell'Arenauta
5.f – Sistema dunale della Spiaggia Ariana
5.g – Sistema dunale della spiaggia di Serapo

U.F. 6 – Tra Monte Orlando e Foce del Garigliano

6.a – Sistema dunale tra Scauri e foce del F. Garigliano

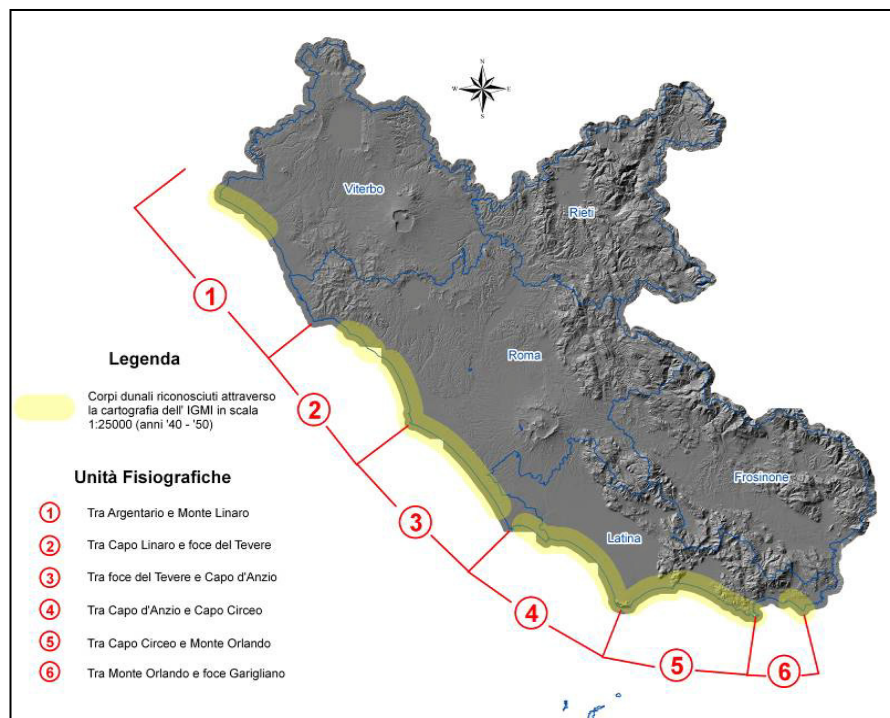



Fig. 5.1 - Individuazione unità fisiografiche

Come evidente dai grafici riportati nelle Figure 5.2 e 5.3, i sistemi dunali hanno subito – non diversamente dall'intero bacino mediterraneo – una drastica diminuzione quantitativa ed anche, come si vedrà in seguito, qualitativa, in termini soprattutto di naturalità e biodiversità.

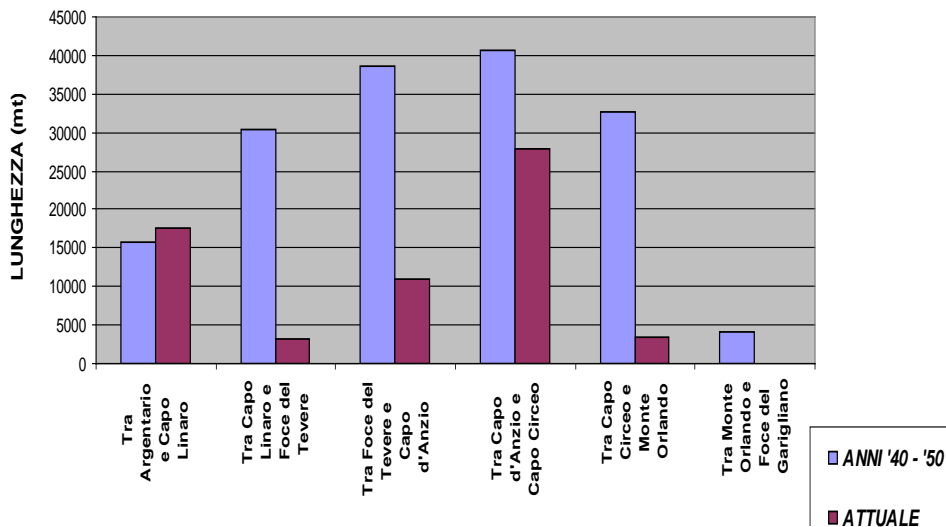



Fig. 5.2 - Evoluzione storica dei sistemi dunali

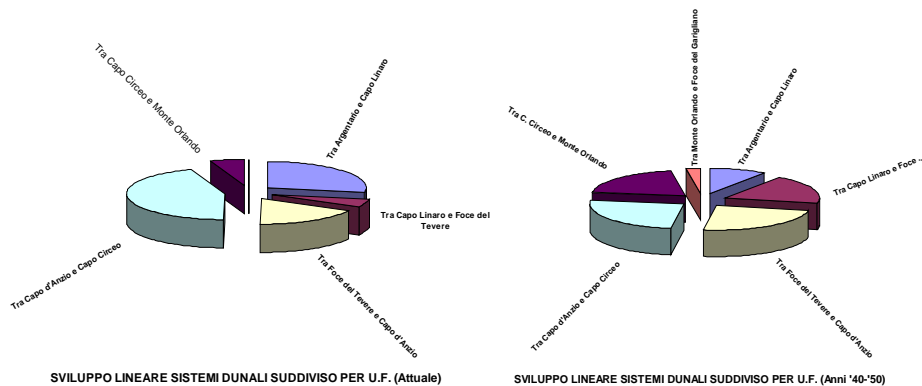



Fig. 5.3 - Sviluppo dei sistemi dunali alla data attuale e negli anni '40-'50

Come evidente, riduzioni lineari molto sensibili si rilevano nelle Unità Fisiografiche tra Capo Circeo e Monte Orlando, come tra Capo Linaro e Foce del Tevere. Di queste due si riportano nelle Figure 5.4 e 5.5 il posizionamento dei sistemi dunali relativo al periodo di osservazione.

Fig. 5.4 - Evoluzione dei sistemi dunali nell'Unità Fisiografica Capo Linaro – Foce del Tevere

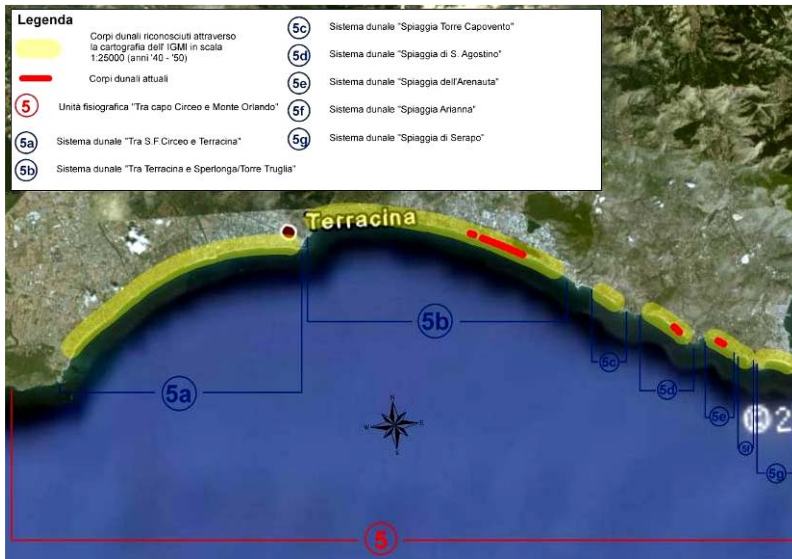



Fig. 5.5 - Evoluzione dei sistemi dunali nell'Unità Fisiografica Capo Circeo – Monte Orlando

5.3 Prime valutazione sullo stato di conservazione dei sistemi dunali

La valutazione preliminare dello stato di conservazione dei sistemi dunali, parte dall'osservazione delle caratteristiche fisiche (geometriche e geomorfologiche, di dinamica sedimentologica, etc.) dei corpi dunali individuati. In tal senso, con assenza di antropizzazione (= "Duna Naturale" o dotata di naturalità residua) si è inteso rilevare l'assenza di strutture, opere e manufatti (strade, edificazioni, coperture, parcheggi, opere di difesa, ecc.) poste in coincidenza o in prossimità dei sistemi dunali ed in grado, per tale motivo, di interferire direttamente con la dinamica naturale dei processi di trasporto, deposizione e stabilizzazione delle sabbie eoliche.
La metodologia di indagine utilizzata (osservazione a video di immagini aeree o satellitari) non consente valutazioni relative alla presenza di vegetazione di impianto antropico. Pertanto, il concetto sintetizzato cartograficamente in "Duna naturale" e "Duna antropizzata", ha fatto riferimento alle componenti fisiche dei sistemi dunali.
Le due immagini successive (Figure 5.6 e 5.7) esemplificano quanto esposto, in relazione a due tratti di costa dotati entrambi di sistemi dunali di particolar rilievo geomorfologico, ma mentre il primo non presenta sostanzialmente fattori di disturbo, il secondo – pur avendo una corpo dunale persino più sviluppato e apparentemente più dinamico del primo – presenta la contemporanea azione di diversi fattori di alterazione di origine antropica (strada, parcheggi, traffico veicolare, foce armata di impianto idrovorico etc.).

Figg. 5.6 e 5.7 - *Esempi di dune "naturali" (a sx) e "antropizzate" (a dx)*

Naturalmente, nella valutazione dello stato di salute dei sistemi dunali individuati, è stata anche presa in considerazione la presenza di strumenti di tutela già attivi (aree protette, siti della rete Natura 2000) o in corso di attivazione. Dalla analisi dei dati si rileva come solo il 37% circa dei sistemi dunali ancora presenti, siano dotati di sufficienti caratteri di "naturalità", come sopra definita. La distribuzione di tale "naturalità fisica residua" per U.F. è rappresentata in Figura 5.8.
Come evidente dal grafico, una significativa porzione di duna ancora dotata di caratteri di naturalità è presente – per una lunghezza di circa 12 – 13 km – nell'Unità Fisiografica più settentrionale della costa laziale; al contrario, il sistema dunale sicuramente più rilevante dell'intero litorale regionale (le dune presenti tra Capo d'Anzio e il Promontorio del Circeo, presentano evidenti problemi di interferenze dovute a fattori antropici).

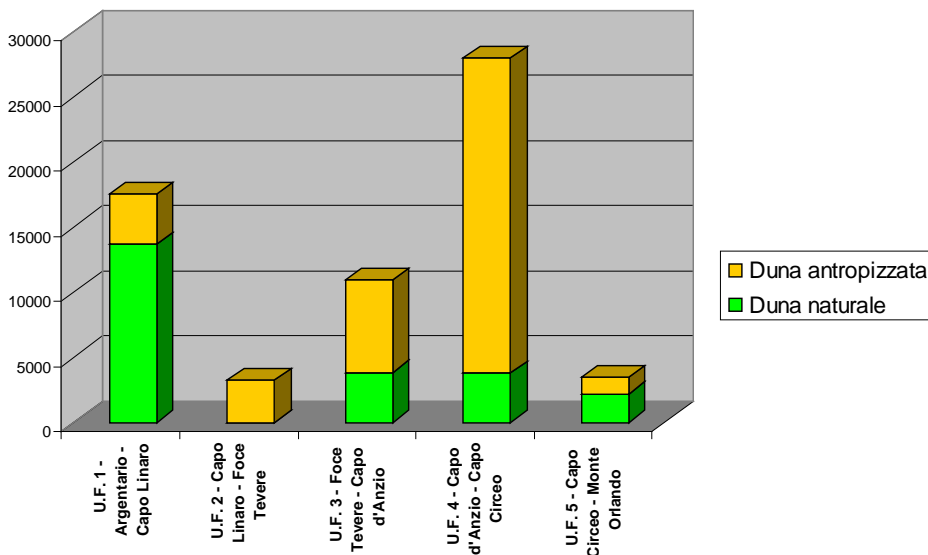



Fig. 5.8 - Naturalità dei sistemi dunali

5.4 Implementazione delle informazioni in un GIS

Per effettuare analisi incrociate e stratificate delle informazioni disponibili, nonché per consentire l'attuazione di un più efficace processo decisionale, l'intero set di informazioni acquisite è stato inserito in un data-base relazionale, a costituire un GIS. I campi implementati nella tabella dati associata, per ogni tratto di sistema dunale individuato, sono i seguenti:

<u>definizione geografica</u>

- denominazione tavoletta IGMI al 25.000 in cui ricade il sistema dunale
- sezione CTR al 10.000 in cui ricade il sistema dunale
- denominazione Unità Fisiografica di appartenenza
- denominazione sistema dunale
- sviluppo lineare sistema dunale
- tipologia sistema dunale (naturale o antropizzata)
- toponimo di reperimento

<u>presenza strumenti di tutela</u>

- codice SIC
- denominazione SIC
- tipo di SIC
- codice ZPS
- denominazione ZPS
- tipo di ZPS
- denominazione A.P.
- tipo di A.P.

5.5 Ipotesi per il reperimento di aree protette costiere

Lo sviluppo delle procedure descritte ha portato alla individuazione di tre aree di significativo interesse per l'individuazione di aree protette costiere, i cui caratteri geografico – geomorfologico – amministrativi vengono di seguito sintetizzati. In Figura 5.9 viene riportata la loro collocazione geografica.

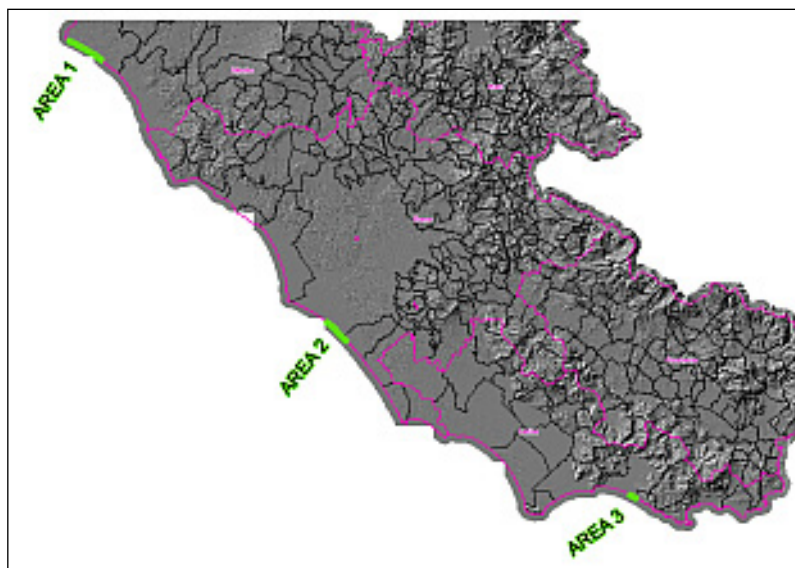



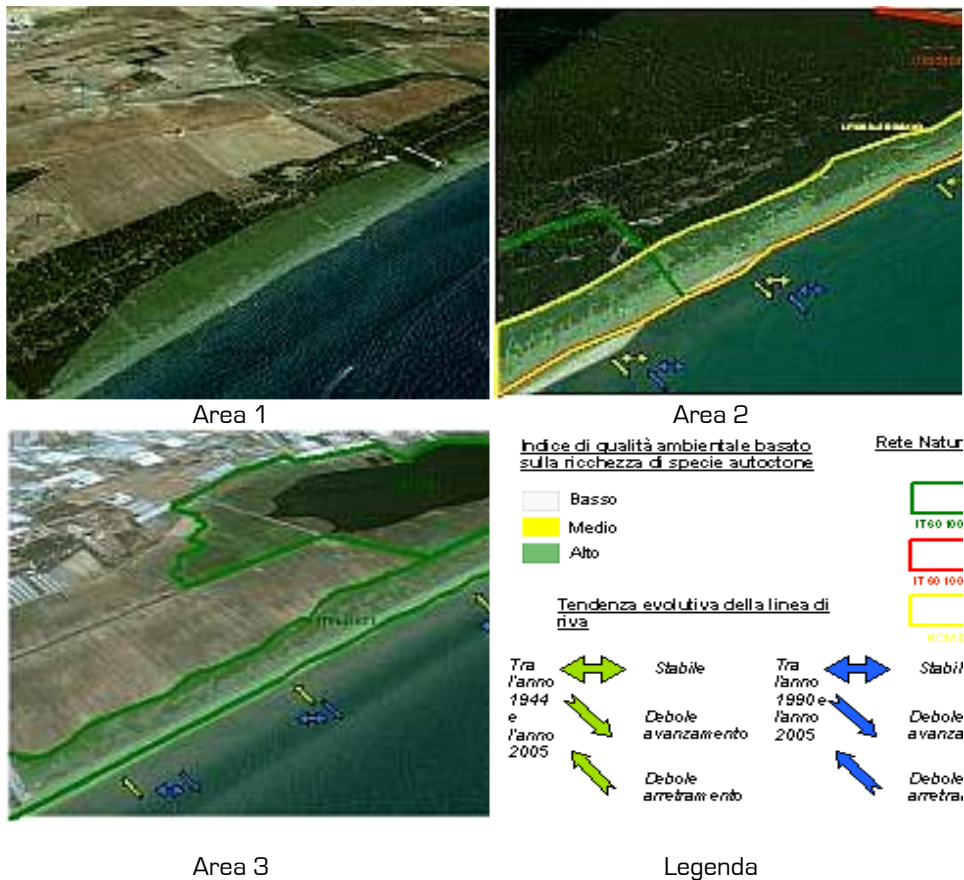
Fig. 5.9 - Ubicazione delle aree individuate

AREA 1
Unità Fisiografica 1 – Tra Foce Chiarone e Foce Marta
Sistemi Dunali: *Tombolo della foce Vecchia - Tombolo del Paglieto grande - Tombolo della Foce – Sughereto - La Piscina*
Provincia: Viterbo
Comuni interessati: Montalto di Castro
Lunghezza sistema dunale individuato: 9700 metri ca.
Strumenti di tutela presenti: SIC IT6010018 "Litorale a NW della foce del Fiora"; SIC IT6000001 "Fondali tra le foce del Chiarone e del Fiora"

AREA 2
Unità Fisiografica 3 – Tra Foce del Tevere e Capo d'Anzio
Sistemi Dunali: *Spiaggia di Castel Porziano*
Provincia: Roma
Comuni interessati: Roma - Pomezia
Lunghezza sistema dunale individuato: 6700 metri ca.
Strumenti di tutela presenti: SIC IT6030027 "Castel Porziano (fascia costiera)"; ZPS IT6030084 "Castel Porziano Tenuta Presidenziale"; Riserva Naturale Statale "Litorale Romano"

AREA 3
Unità Fisiografica 5 – Tra Capo Circeo e M.te Orlando
Sistemi Dunali: *Spiaggia di Lago Lungo*
Provincia: Latina
Comuni interessati: Fondi – Sperlonga
Lunghezza sistema dunale individuato: 1800 metri ca.
Strumenti di tutela presenti: SIC IT6040021 "Duna di Capratica"; SIC IT 6040011 "Lago Lungo"; SIC IT 6000014 "Fondali tra Terracina e Lago Lungo".

Le successive Figure 5.10, 5.11 e 5.12 mostrano le opportunità di output grafico-cartografici ottenibili grazie alla stratificazione delle informazioni inserite nel GIS.

Area 3 Legenda

Figg. 5.10, 5.11 e 5.12 - *Output grafico-cartografici delle tre aree*

6. STUDIO PER L'INDIVIDUAZIONE DI NUOVE AREE PROTETTE NELL'AMBIENTE DUNALE COSTIERO DEL LAZIO

di Dario Capizzi, Cristiano Fattori, Dario Mancinella, Silvia M. Montinaro, Massimo Tufano

---

Nota: il presente lavoro è a cura di Massimo Tufano per gli aspetti vegetazionali; Dario Mancinella per quelli geologici; Dario Capizzi per quelli faunistici; Cristiano Fattori, Dario Mancinella, Massimo Tufano per la parte relativa alla Cartografia.

Introduzione

Le spiagge e le dune sabbiose costiere rappresentano senz'altro, su scala mondiale, uno degli ambienti naturali più interessanti dal punto di vista ecologico e paesaggistico, ma costituiscono nello stesso tempo ecosistemi tra i più vulnerabili e più gravemente minacciati. Il fenomeno del degrado e perdita del paesaggio dunale ha interessato praticamente tutti i Paesi costieri dell'Unione Europea, in particolare le coste del Mediterraneo. In Italia (come confermato dal 2° Rapporto Nazionale dell'attuazione della Direttiva Habitat e stato di conservazione di habitat e specie) le tipologie di habitat che mostrano il peggior stato di conservazione sono proprio le "*Dune marittime interne*" e gli "*Habitat costieri e vegetazioni alofitiche*".
Questi ambienti sono generalmente caratterizzati da limitate estensioni e condizioni abiotiche fortemente limitanti (esposizione ai venti e allo spray marino, substrato incoerente, scarso apporto di nutrienti, ecc.) che fanno si che le specie vegetali risultino fortemente specializzate e spesso presenti esclusivamente in questi habitat.
Nella Regione Lazio, come in gran parte dei litorali dell'Italia peninsulare, le principali cause d'impatto sono riconducibili alle azioni antropiche soprattutto legate al turismo balneare. Nel complesso si è assistito ad un progressivo aumento dei processi di edificazione, di inquinamento e del calpestio. Al forte disturbo di origine antropica si è sommato in alcune aree l'impatto determinato dall'erosione costiera con conseguente modificazione morfologica delle dune e relativa perdita o addirittura totale scomparsa di alcune o di tutte le comunità vegetali presenti.
Gli effetti dell'antropizzazione diretta delle spiagge e delle dune costiere hanno portato non solo alla diminuzione ed estinzione di specie, ma anche alla diffusione di elementi esotici, cioè di specie che sono originarie di altre aree geografiche (Stanisci et al.2004, Acosta et al. 2006).
Il presente studio consiste in un'analisi della costa della Regione Lazio dal punto di vista geomorfologico, vegetazionale e faunistico incentrata sull'individuazione di sistemi dunali costieri e sulla definizione del loro grado di naturalità.
La ricerca, commissionata all'Agenzia Regionale per i Parchi dall'Assessorato Ambiente e Cooperazione tra i Popoli, individua infatti le aree dunali costiere maggiormente meritevoli di tutela, indicandone le possibili perimetrazioni e fornendo una valutazione sulle principali opportunità e criticità presentate da ciascuna area.
Le coste del Lazio ed i sistemi dunali costieri in particolare, rappresentano un ambiente caratterizzato al tempo stesso da un immenso valore ecologico e da

un'estrema fragilità, sottoposto a numerosi fattori di pressione di origine sia naturale che antropica.
La tutela delle dune costiere costituisce quindi una priorità nella definizione della Rete Ecologica Regionale e del Piano Regionale delle Aree Naturali Protette.
Questo Studio intende rappresentare una prima base conoscitiva per intraprendere le necessarie azioni di tutela e per progettare gli interventi di risanamento più urgenti.
Durante l'elaborazione dello studio l'ARP si è avvalsa di due collaborazioni di rilevante spessore:

- Con il Laboratorio della Professoressa Alicia Teresa Rosario Acosta del Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università Roma Tre che ha messo a disposizione un set di dati quali-quantitativi riguardanti il censimento della flora vascolare negli ecosistemi sabbiosi costieri del Lazio svolto nel periodo 2003-2005 (Acosta et al., 2005).
- Con lo Studio Associato Geosphera di Latina (M. Amodio, G. Bovina, C. Callori di Vignale, V. Gragnanini), che ha effettuato un'analisi qualitativa dei cordoni dunali costieri del Lazio, definendone l'entità ed il grado di antropizzazione.

6.1 Aspetti Metodologici

Il lavoro di analisi è stato condotto su tutta la costa laziale, analizzando i cordoni dunali costieri dal punto di vista geomorfologico, floristico-vegetazionale e faunistico utilizzando diversi criteri e differenti metodologie di studio, come di seguito descritte:

- I dati geomorfologici presentano carattere eminentemente qualitativo, derivando dall'analisi di dati indiretti (cartografia, immagini satellitari e orto fotografie) vincolati da osservazioni di campo solo nelle aree ritenute più promettenti ai fini della presente ricerca.
- I dati floristico-vegetazionali presentano carattere quali-quantitativo, consistente nella ricchezza di specie native ed esotiche dei sistemi dunali.
- I dati faunistici sono anch'essi esclusivamente qualitativi e forniscono una sorta di analisi bibliografica sulla fauna tipicamente presente negli ambienti costieri dunali.

Tutti i dati sono confluiti nel SITAP (Sistema Informativo Territoriale delle Aree Protette) dell'Agenzia Regionale per i Parchi e la loro sovrapposizione ha consentito di individuare le aree dunali costiere maggiormente idonee per l'istituzione di Aree Protette.
Durante l'analisi complessiva dei dati raccolti, la loro notevole eterogeneità ha sconsigliato, per la loro sovrapposizione, l'impiego di algoritmi definiti o l'applicazione di coefficienti numerici adatti a "pesarne" l'influenza sul risultato finale. Le aree individuate sono, molto più semplicemente, quelle in cui i tre aspetti (geomorfologico, floristico-vegetazionale e faunistico) presentano congiuntamente i valori più elevati.
I risultati così ottenuti sono stati quindi confrontati con la presenza, in corrispondenza dei sistemi dunali ritenuti più idonei, di siti NATURA 2000 e di Aree Protette già istituite.
Gli aspetti geomorfologici sono stati analizzati dallo Studio Associato Geosphera di Latina, secondo il seguente schema metodologico:

1) Individuazione dei sistemi dunali
2) Mappatura
3) Prime valutazioni sullo stato di conservazione
4) Implementazione delle informazioni in un sistema GIS

L'analisi è stata sviluppata dal punto di vista qualitativo, dapprima tramite un'analisi bibliografica sulla cartografia IGM a partire dagli anni '20 del secolo scorso, quindi tramite analisi di immagini satellitari e ortofografie. La costa laziale è stata quindi

suddivisa in unità fisiografiche che sono state analizzate singolarmente. Per ciascuna unità fisiografica è stata valutata la corrispondenza tra i cordoni dunali costieri indicati in cartografia storica e i corpi dunali attuali, dedotti dall'analisi dei dati telerilevati. Le dune sono quindi state suddivise, dal punto di vista strettamente geomorfologico, in "naturali" e "antropizzate", a seconda della presenza o meno di strutture in grado di influenzarne la naturale dinamica sedimentaria. Sono stati, infine, effettuati alcuni sopralluoghi limitati alle aree di maggior pregio ed interesse, per integrare i dati con l'osservazione diretta dell'ambiente dunale.
Per la caratterizzazione floristico-vegetazionale ci si è avvalsi dei dati del Laboratorio della Professoressa Alicia Teresa Rosario Acosta del Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università Roma Tre che ha messo a disposizione un set di dati quali-quantitativi riguardanti il censimento della flora vascolare negli ecosistemi sabbiosi costieri del Lazio svolta nel periodo 2003-2005 (Acosta et al., 2005).
I campionamenti sono stati effettuati in tutti i tratti costieri caratterizzati dalla presenza di coste sabbiose e in particolare di dune oloceniche. Sono state censite tutte le specie autoctone ed esotiche presenti nelle seguenti porzioni:

- spiagge
- dune embrionali
- dune mobili
- depressioni interdunali
- macchia mediterranea
- leccete e/o pinete costiere

L'analisi della ricchezza di specie native tipiche del sistema dunale ("*specie focali*") rilevate ha permesso di caratterizzare gli ambiti costieri meglio conservati lungo tutto il sistema costiero regionale.
Per la caratterizzazione faunistica è stata realizzata una relazione qualitativa finalizzata a fornire una panoramica sulle comunità animali associate all'ambiente dunale costiero.

6.2 Aspetti geologici e geomorfologici

Le dune costiere sono strutture geomorfologiche da accumulo eolico, legate pertanto principalmente all'azione del vento e alla sua energia, che ne determina la capacità di deflazione, cioè di trasporto delle particelle solide. Nel caso delle dune costiere la deflazione avviene per sospensione o per saltazione, a seconda della dimensione, del peso e della forma delle particelle stesse.

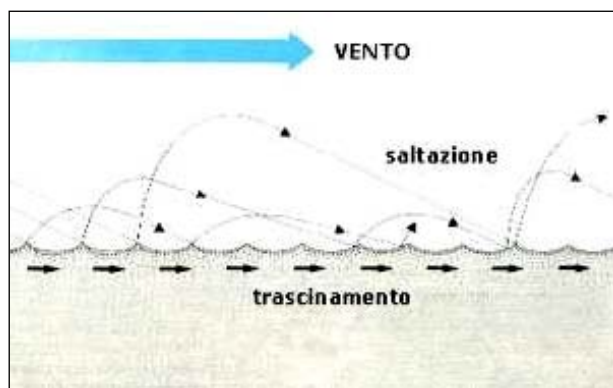



Fig. 6.1 *– Meccanismi di trasporto eolico*

Nel caso delle dune costiere la sorgente di alimentazione è costituita dalla spiaggia, le cui dinamica è influenzata dal bilancio sedimentario marino locale, dagli apporti fluviali e dalla dinamica delle onde e delle correnti. Oltre che dal vento, quindi, la duna costiera è fortemente influenzata dal mare, sia come fattore di equilibrio per la dinamica della spiaggia, sia come agente erosivo durante le mareggiate più intense. Il cordone dunale costiero non è quindi un accumulo casuale di sabbia, ma rappresenta una struttura dinamica complessa risultante dall'equilibrio di numerosi fattori: apporti sedimentari (essenzialmente eoloci), meccaniche di sedimentazione (di varia natura ed influenzate dalla presenza di fattori stabilizzanti come, ad esempio, la copertura vegetale oltre che dall'oscillazione del livello del mare), ed azioni erosive(eoliche, marine, meteoriche, antropiche).
In risposta al variare di ciascuno di questi fattori, la duna reagisce cercando una nuova condizione di equilibrio e tale risposta si risolve in una mutazione geometrica del cordone dunale che può essere dimensionale (la duna diventa più alta o più bassa e varia la sua larghezza, geometrico (la duna cambia forma, soprattutto relativamente alla pendenza o all'angolo che il cordone dunale forma con la linea di costa) o di posizione (la duna arretra o avanza nei confronti della linea di costa).

Fig. 6.2 – Schema di avanzamento della duna

La copertura vegetale rappresenta un fattore fondamentale sia nelle fasi di sviluppo embrionale della duna sia perché costituisce un'efficace barriera di protezione del cordone dunale nei confronti degli agenti erosivi (vento, onde, pioggia, acque di ruscellamento) ma al tempo stesso non la immobilizza, consentendone la naturale dinamica.
Al contrario qualsiasi struttura che tenda ad immobilizzare la duna (ad esempio una casa, una strada, ecc.) rappresenta un fattore di rischio notevole per l'esistenza della duna stessa, limitandone il dinamismo e di conseguenza la capacità di riequilibrio nei confronti di mutate pressioni ambientali, sia naturali che antropiche.
Un'attenzione particolare meritano infine gli equilibri idrogeologici, nei confronti dei quali le dune costiere rivestono un'importanza enorme.
I cordoni dunali costieri ospitano infatti un acquifero, ovviamente di modeste dimensioni, che svolge però una funzione determinante per il contenimento delle ingressioni del cuneo salino legato alla dinamica marina e costiera. La maggiore densità dell'acqua marina rispetto a quella dolce, dovuta alla maggiore concentrazione in sali della prima rispetto alla seconda, fa si che i carichi idraulici relativi siano in rapporto di 33:1. Questo vuol dire che se in un dato punto della duna la superficie piezometrica dell'acquifero dunale si trova a k metri sul livello del mare, la superficie di contatto tra acqua dolce e salata si trova ad una profondità k x 33 metri.

Ne consegue che se il livello piezometrico dell'acquifero dunale si abbassa di un metro, questo determinerà una risalita del cuneo salino di ben 33 metri e, di conseguenza, un notevole rischio di contaminazione della risorsa idropotabile.

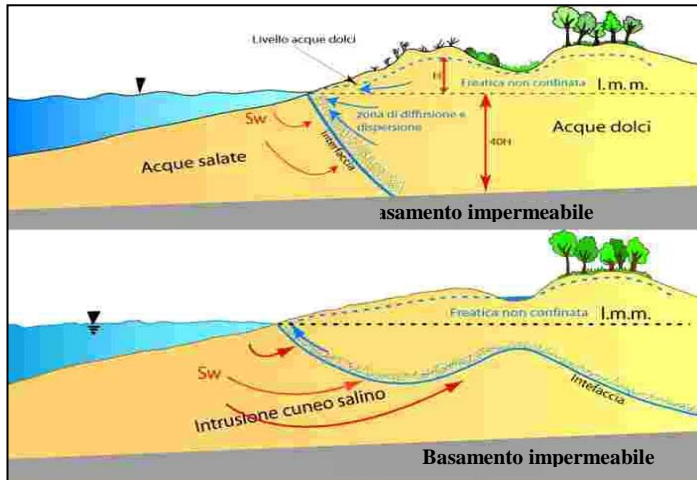



Fig. 6.3 – Meccanismo d'intrusione del cuneo salino

6.3 Aspetti vegetazionali

Per la caratterizzazione floristico-vegetazionale ci si è avvalsi dei dati del Laboratorio della Professoressa Alicia Teresa Rosario Acosta del Dipartimento di Biologia Ambientale dell'Università Roma Tre che ha messo a disposizione un set di dati quali-quantitativi riguardanti il censimento della flora vascolare negli ecosistemi sabbiosi costieri del Lazio svolta nel periodo 2003-2005 (Acosta et al., 2005). Tale censimento è stato svolto in conformità al protocollo della cartografia floristica europea (EHRENDORFER & HAMMAN, 1965) e ha considerato come unità di base, l'Unità Geografica Operazionale (OGU) nel senso di CROVELLO (1981), corrispondente ad ¼ di Foglio I.G.M. 1:50.000. Tale griglia è stata poi suddivisa in quadranti di minore estensione pari a 1/16 del Foglio al 1:50.000 (circa 36 Kmq). Sono stati individuati complessivamente 56 quadranti per il Lazio.

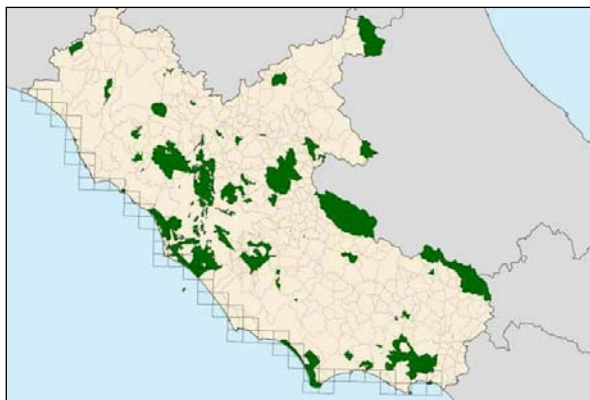



Fig. 6.4 - Quadranti conformi alla cartografia floristica europea

I campionamenti sono stati effettuati in tutti i tratti costieri caratterizzati dalla presenza di coste sabbiose e in particolare di dune oloceniche. Per ciascun quadrante sono state censite tutte le specie autoctone ed esotiche presenti nelle seguenti porzioni:

- spiagge
- dune embrionali
- dune mobili
- depressioni interdunali
- macchia mediterranea
- leccete e/o pinete costiere

Fig. 6.5 – Intensità dei fattori ecologici sulla vegetazione dunale (da Acosta)

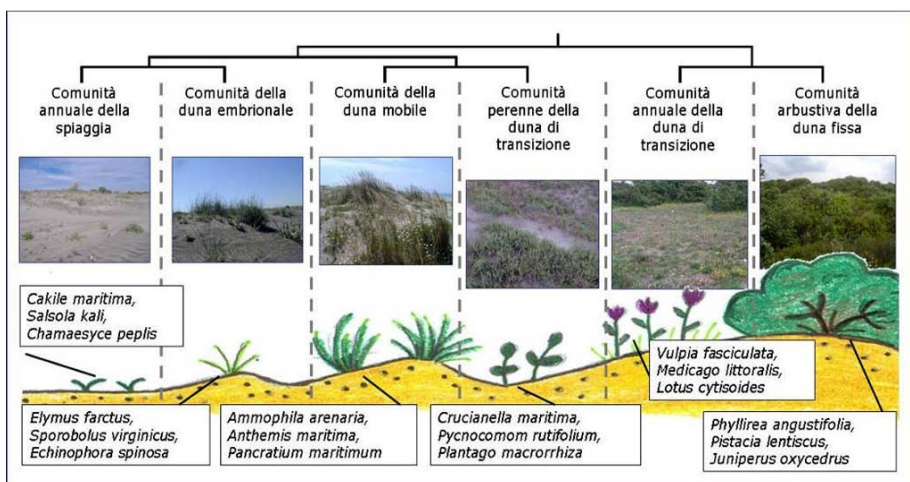



Fig. 6.6 – Distribuzione spaziale delle comunità vegetali (da Acosta)

L’analisi della ricchezza di specie native tipiche del sistema dunale (“*specie focali*”) rilevate per ciascun quadrante ha permesso di caratterizzare gli ambiti costieri meglio conservati lungo tutto il sistema costiero regionale. A fine di parametrizzare i risultati ottenuti dal censimento floristico si è provveduto a utilizzare la sommatoria del numero di specie tipiche di ciascuna comunità indagata come “valore di naturalità” del sistema dunale. Tale valore è stato quindi reso confrontabile attraverso l’assegnazione dell’indice a ciascuno dei 56 quadranti individuati: ciò è stato possibile utilizzando in ambiente Gis il metodo di classificazione dei dati numerici che tiene conto della distribuzione clusterizzata e non lineare dei dati, definita *Natural break* (interruzioni naturali) che ha permesso di caratterizzare il valore della ricchezza delle specie native sulla base delle seguenti 3 differenti classi.
L’ampiezza di ciascuna classe viene attribuita minimizzando la somma della varianza interna a ciascuna classe.

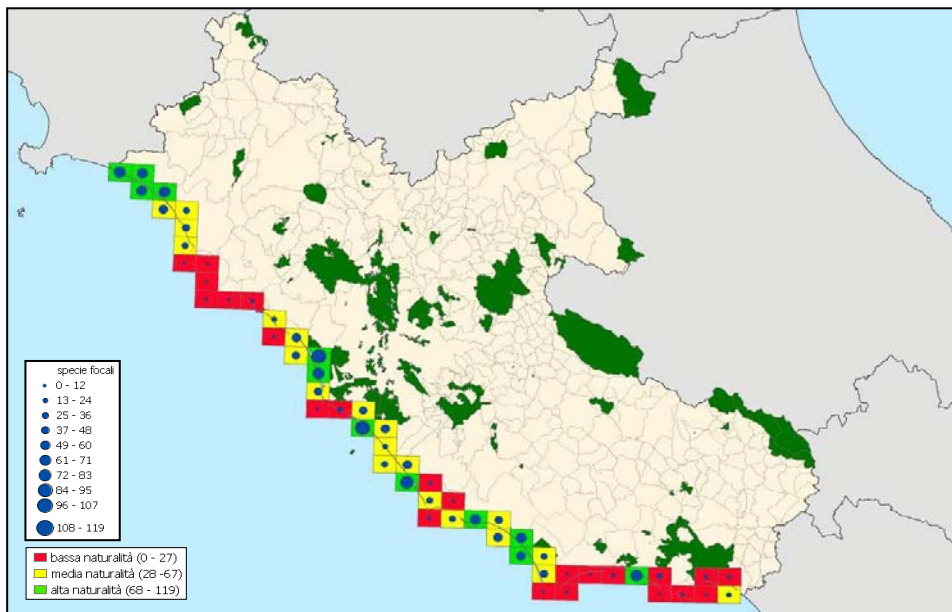



Fig. 6.7 *– Attribuzione delle classi di naturalità*

Al fine di fornire una caratterizzazione di maggior dettaglio dei sistemi dunali ad alta naturalità individuati vengono fornite anche indicazioni circa gli habitat di interesse comunitario censiti nel territorio regionale (AA.VV., 2008).

Dune mobili embrionali- codice Natura 2000: 2110
L’habitat è attualmente segnalato in sei Siti di Importanza Comunitaria: Litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro, Castel Porziano (fascia costiera), Lido dei Gigli, Laghi Fogliano, Monaci, Caprolace e Pantani dell’Inferno, Duna di Capratica.

Dune mobili del cordone litorale con presenza di Ammophila arenaria («dune bianche») codice Natura 2000: 2120
Litorale a NW delle foci del Fiora, Litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro, Castel Porziano (fascia costiera), Lido dei Gigli, Litorale di Torre Astura, Laghi Fogliano, Monaci, Caprolace e Pantani dell’Inferno, Duna di Capratica.

Depressioni umide interdunari codice Natura 2000: 2190
Litorale a NW delle foci del Fiora, Isola Sacra, Castel Porziano (fascia costiera), Laghi Fogliano, Monaci, Caprolace e Pantani dell'Inferno, Lago di Sabaudia, Duna di Capratica

Dune fisse del litorale (Crucianellion maritimae) codice Natura 2000: 2210
Litorale a NW delle foci del Fiora, Litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro, Castel Porziano (fascia costiera), Lido dei Gigli, Litorale di Torre Astura, Laghi Fogliano, Monaci, Caprolace e Pantani dell'Inferno.

Dune con prati dei Malcomietalia codice Natura 2000: 2230
Castel Porziano (fascia costiera), Lido dei Gigli Litorale di Torre Astura, Laghi Fogliano, Monaci, Caprolace e Pantani dell'Inferno.

*Dune costiere con Juniperus spp. codice Natura 2000: 2250**
Litorale a NW delle foci del Fiora, Litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro, Macchia Grande di Focene e Macchia dello Stagneto, Lido dei Gigli, Litorale di Torre Astura, Laghi Fogliano, Monaci, Caprolace e Pantani dell'Inferno, Duna di Capratica.
Inoltre è presente tra Tarquinia e Cerveteri, a Castelporziano, Torvaianica (Pomezia) e Lavinio.

Dune con foreste di Pinus pinea e/o Pinus pinaster codice Natura 2000: 2270
Litorale a NW delle foci del Fiora, Litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro, Castel Porziano (fascia costiera), Lido dei Gigli, Litorale di Torre Astura, Laghi Fogliano, Monaci, Caprolace e Pantani dell'Inferno.

6.4 Aspetti faunistici

Per le peculiari condizioni ambientali e microclimatiche e la limitata estensione degli ecosistemi dunali, essi sono caratterizzati da comunità animali e vegetali semplificate, con relativamente basso numero di specie. Tuttavia, si tratta di elementi selezionati e quindi molto ben adattati e specializzati per la vita in tali ambienti. Ad essere presenti sono quasi esclusivamente invertebrati, definiti psammoalobi e psammobi specializzati (cioè associati esclusivamente ad ambienti sabbiosi litoranei salsi o sabbiosi in generale) negli attuali ambienti dunali, retrodunali e di spiaggia. Inoltre, nell'analisi delle comunità animali degli ecosistemi dunali e retrodunali, è anche la frequente sovrapposizione di componenti faunistiche di tipo xero-termofilo, psammofilo, o igrofilo, originatesi non solo in ambienti strettamente litorali o perilitorali (macchie e garighe mediterranee o submediterranee), ma anche in praterie steppiche, brughiere, in ambienti interni sabbiosi salsi perifluviali o perilacustri, o di accumulo eolico.
In generale, il valore naturalistico di questi popolamenti litoranei, al di là della ricchezza assoluta di specie, che è relativamente bassa, è quindi dato proprio dalla coesistenza di molteplici elementi di origine biogeografica differente, accomunati però da elevati livelli di specializzazione trofica, di esclusività e di fedeltà all'habitat, e quindi da comuni caratteristiche di buoni "indicatori" della complessiva qualità biologica degli ecosistemi in cui siano ancora presenti.
A titolo di esempio, alcuni coleotteri del genere *Dapsa*, un piccolo gruppo di Licoperdini, si sono curiosamente adattati ai cumuli di detriti vegetali lungo le spiagge o nei salicornieti costieri. Altri importanti invertebrati, nessuno dei quali inserito in elenchi della Direttiva Habitat, sono il Coleottero carabide *Lophyridia littoralis*, il

Coleottero endemico italiano (famiglia Pachypodidae) *Pachypus candidae*, il Coleottero edemeride *Stenostoma rostratum*, il Mollusco gasteropode *Xerosecta contermina*.
Dovendo tenere in considerazione sia la notevole vagilità di molti invertebrati psammo-alofili sia la complessità e la sovente ampia sovrapposizione naturale di alcuni popolamenti è possibile raggruppare le popolazioni presenti in quattro tipologie di comunità:

1. Le comunità madolitorali, intese come l'insieme di quelle intertidali del mediolitorale, di quelle eulitorali di riva sabbiosa associate ai detriti spiaggiati, e di quelle dei settori più esterni, spesso asciutti, ma ancora privi di vegetazione terrestre, delle spiaggie emerse sabbiose, fino alle dune embrionali escluse.

2. Le comunità psammofile siccolitorali, intese come l'insieme di quelle comunità, essenzialmente xerofile e psammofile, associate alle dune embrionali, alle dune mobili e a quelle consolidate, ai cespuglieti e alle macchie basse retrodunali e alle dune fossili sabbiose.

3. Le comunità lutobie sopralitorali delle ampie spiagge limoso-fangose (salicornieti).

4. Le comunità extralitorali ripicole psammo-lutobie degli stagni e delle lagune salmastre delle depressioni retro- e interdunali.

Le comunità maggiormente presenti sono quelle degli invertebrati, per la cui trattazione più completa si rimanda a pubblicazioni specializzate.
Tra i vertebrati presenti negli *habitat* dunali e di spiaggia, non è facile indicare quali siano le specie maggiormente legate a tali ambienti. Di seguito si riportano le specie che più di frequente possono essere rinvenute in contesti dunali, pur senza essere legate indissolubilmente a tali habitat.
Il solo anfibio italiano che con una certa frequenza giunge sulle dune sabbiose, nei retroduna, e perfino sulle spiagge emerse, a ridosso della linea di battigia, è il Rospo smeraldino *(Pseudepidalea lineata)*. Inoltre, negli stagni retrodunali si osserva spesso la presenza del Tritone crestato (*Triturus carnifex*), della Raganellla (*Hyla intermedia*) e di alcune rane, in particolare la Rana agile (*Rana dalmatina*) e le Rane verdi *Rana bergeri* e *Rana* skl*. hispanica*.
Tra i Rettili, lungo le dune sabbiose della regione sono molto comuni la lucertola campestre (*Podarcis sicula*), dal ramarro occidentale (*Lacerta bilineata*). Tra i Testudinati, la Testuggine terrestre (*Testudo hermanni*) e la Testuggine acquatica (*Emys orbicularis*) sono talvolta presenti, la prima nelle aree cespugliate e boscose, la seconda negli stagni e nei canali. Nell'ambito degli Ofidi, le specie che più frequentemente s'incontrano nelle dune sabbiose litoranee in Italia sono il Biacco (*Hierophis viridiflavus*) e il Cervone (*Elaphe quatuorlineata*), specie quest'ultima inserita nella Direttiva Habitat. Inoltre, interessanti popolazioni di Vipera comune (*Vipera aspis*) sono presenti in alcune zone del litorale, come nel caso di Castelporziano.
Numerose sono le specie di uccelli che si possono trovare nelle aree dunali costiere, il cui elenco sarebbe di per sé eccessivamente lungo, esulando dagli obiettivi della presente relazione. Va detto che le dune rvestono una notevole importanza per gli uccelli nella fase di migrazione, soprattutto per i piccoli Passeriformi che le incontrano come primo lembo di terra ospitale dopo una lunga traversata sul mare aperto. A titolo di esempio, fra gli Uccelli, stanziali e migratori, si osservano spesso rapaci diurni e notturni quali Nibbio bruno (*Milvus migrans*), Falco di palude (*Circus aeruginosus)*, Sparviere (*Accipiter nisus)*, Poiana (*Buteo buteo)*, Gheppio (*Falco*

tinnunculus), Allocco (*Strix aluco)*, Civetta (*Athene noctua)* e Barbagianni (*Tyto alba)*. Inoltre, l'Upupa (*Upupa epops*), il Martin pescatore (*Alcedo atthis*), il Gruccione (*Merops apiaster*) la Ghiandaia marina (*Coracias garrulus*), lo Scricciolo (*Troglodytes troglodytes*), Ghiandaia (*Garrulus glandarius*), la Ballerina bianca (*Motacilla alba*) e la Ballerina gialla (*M. cinerea*), la Cinciallegra (*Parus major*) e la Cinciarella (*P. caeruleus*), la Rondine (*Hirundo rustica*), il Luì verde (*Phylloscopus sibilatrix*), il Luì piccolo (*P. collybita*) e il Luì grosso (*P. trochilus*), la Sterpazzola (*Sylvia communis*), il Rigogolo (*Oriolus oriolus*), il Forapaglie (*Acrocephalus schoenobaenus*) e l'Averla piccola (*L. collurio*).
Gli stagni retrodunali e le lagune costiere sono importantissimi habitat per numerose specie animali, ed in particolare per l'avifauna svernante. Sono numerosi gli Uccelli che frequentano le lagune e le zone allagate retrodunali. Le principali specie sono: Tuffetto (*Podiceps ruficollis)*, Cormorano (*Phalacrocorax carbo sinesi)*, Garzetta (*Egretta garzetta)*, Airone cenerino (*Ardea cinerea)*, Canapiglia (*Anas strepera)*, Alzavola (*Anas crecca),* Germano reale (*Anas plathyrrhyncos)*, Marzaiola (*Anas querquedula)*, Fischione (*Anas penelope)*, Moretta (*Aythya fuligula),* Moriglione (*Aythya ferina),* Gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus)*, Folaga (*Fulica atra)*, Beccaccino (*Gallinago gallinago)*, Corriere piccolo (*Charadrius dubius)*, Fratino (*Charadrius alexandrinus)*, Frullino (*Lymnocryptes minimus)* e Piro piro piccolo (*Actitis hypoleucos)*.
Tra i mammiferi, un tempo risultava particolarmente diffuso in alcune aree il Coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus*), specie alloctona, che tuttavia sta conoscendo una apparente rarefazione, non risultando più presente in alcune aree dove in precedenza era segnalato. L'Istrice (*Hystrix cristata*) può talvolta frequentare gli habitat dunali, limitatamente alle zone coperte da vegetazione cespugliosa o boschiva, così come, occasionalmente, il Moscardino (*Muscardinus avellanarius*). Inoltre, tra i micromammiferi possono essere presenti il Topo selvatico (*Apodemus sylvaticus*), diffuso in tutta la cosa del Lazio, ed il Topo selvatico a collo giallo (*Apodemus flavicollis*), la cui diffusione sul liotrale laziale è ristretta alle aree forestali più estese e meglio conservate, come nel caso di Castelporziano, mentre la specie è assente dal Parco del Circeo. Particolarmente diffuso è il Ratto nero (*Rattus rattus*), specie introdotta alcuni millenni fa e oggi presente in tutte le macchie e foreste costiere del litorale e delle isole. Poche informazioni esistono per quanto riguarda i Chirotteri e gli Insettivori. Tra questi ultimi, sono molto diffusi il Riccio (Erinaceus europaeus) e la Talpa (*Talpa romana*) così come alcune specie di Soricidi, come il Mustiolo (*Suncus etruscus*) e la Corcidura minore (*Crocidura suaveolens*). In alcune aree costiere, la presenza di Ungulati, soprattutto Daino (*Dama dama*) e Cinghiale (*Sus scrofa*), costituisce un fattore di pressione per gli ecosistemi dunali, come si verifica nell'area di Castelporziano. Altre specie presenti sono il Tasso (*Meles meles*) e la Volpe (*Vulpes vulpes*), mentre la Puzzola e la Martora sono segnalate rispettivamente nel Parco del Circeo e a Castelporziano.

6.5 Proposte di delimitazione, criticità ed opportunità

In base ai dati geomorfologici, vegetazionali e faunistici e tenendo conto del regime vincolistico già presente sul territorio (Aree Naturali Protette istituite e siti della Rete NATURA2000), sono stati individuati quattro tratti di duna costiera che risultano particolarmente meritevoli di tutela:

1) Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora;
2) Duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro;
3) Duna della spiaggia di Castelporziano;
4) Duna di Capratica.

I nomi attribuiti a tali aree d'interesse fanno riferimento alla cartografia allegata, pertanto per un maggiore dettaglio sulla delimitazione proposta si rimanda ad essa. Si tratta di aree che differiscono notevolmente tra loro per estensione e contesto territoriale, le cui caratteristiche verranno di seguito esaminate.

L'elevato valore naturalistico viene in altro modo evidenziato dalla presenza di Habitat di interesse comunitario secondo il seguente schema sintetico:

	2190	2240	2250*
Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora;	x	-	x
Duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro;	-	x	-
Duna della spiaggia di Castelporziano;	-	x	-
Duna di Capratica.	-	x	-

Tab. 6.1 – Presenza di Habitat d'interesse comunitario

Per ciascuna proposta di delimitazione sono state predisposte due rappresentazioni cartografiche contenenti entrambe uno stralcio della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 e la rappresentazione in giallo del limite proposto. Nella prima rappresentazione si aggiungono le Aree Naturali Protette istituite (in verde) e i siti della Rete NATURA2000 (in righettato rosso) mentre nella seconda rappresentazione è stata aggiunta una foto aerea della zona.
Come ulteriori elementi di valutazione e supporto decisionale si segnala che:

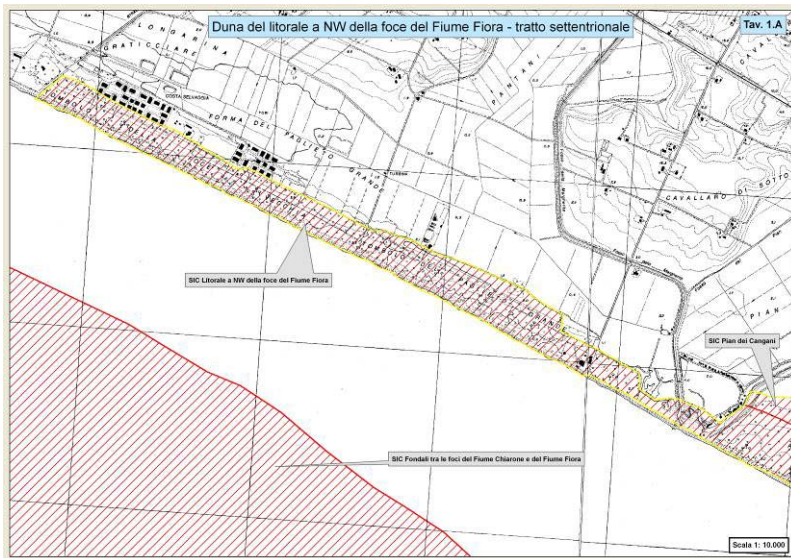
a) Sebbene non presenti caratteristiche geomorfologiche, vegetazionali e faunistiche di livello pari a quello delle quattro aree dunali costiere sopra indicate, risulta di notevole interesse anche il tratto di duna del Lido dei Gigli, per il quale potrebbe essere proposta una qualche forma di tutela territoriale.

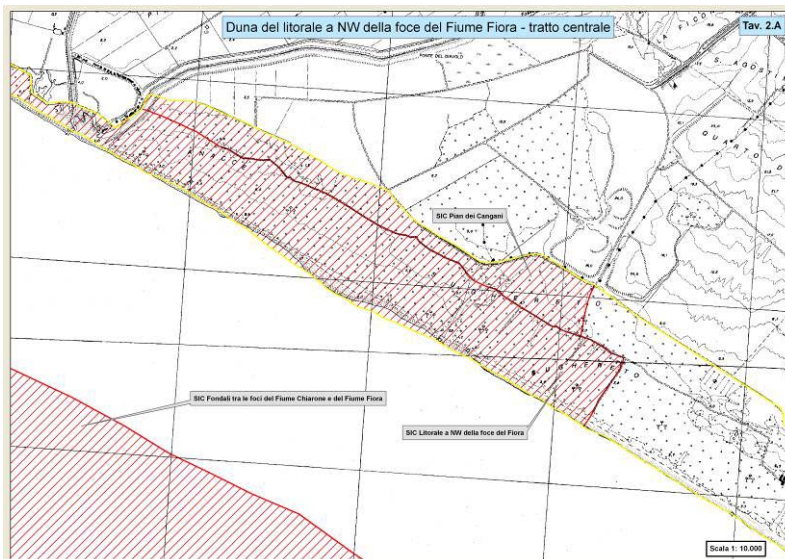
b) E' stata siglata una convenzione tra la Regione Lazio e l'Università degli Studi della Tuscia, Dip. DECOS per l'individuazione di potenziali aree marino/costiere laziali da sottoporre a tutela ambientale. Il rapporto definitivo, a cura del Centro di Monitoraggio GIZC (Gestione Integrata delle Zone Costiere), dovrebbe essere disponibile entro l'estate 2010.

6.5.1 Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora

Si tratta del cordone dunale più esteso e, probabilmente, meglio conservato della regione Lazio, sia in riferimento alla naturalità geomorfologica della duna, intesa come esposto nei paragrafi precedenti, sia in riferimento alla ricchezza di specie floristiche autoctone
La delimitazione proposta coincide esattamente, nella sua porzione settentrionale, con i perimetri dei *SIC* IT6010018 "Litorale a NW della foce del Fiora" e IT6010019 "Pian dei Cangani", seguendo poi il limite della vegetazione dunale e retrodunale fino ad arrestarsi in corrispondenza della foce del Fiume Fiora.
Il limite proposto confina verso l'entroterra per la quasi totalità della sua estensione con terreni agricoli.

Opportunità e criticità – Come sopra riportato si tratta del cordone dunale costiero meno antropizzato del Lazio, con elevata ricchezza di specie floristiche autoctone

(censite oltre cento specie). I principali fattori di minaccia sono legati all'azione del calpestio e del livellamento della duna ai fini del turismo balneare.
Il livello d'infrastrutturazione è molto basso: è infatti presente una lottizzazione all'estremità N dell'area ed esternamente ad essa, in località Costa Selvaggia, cui si aggiungono pochissimi altri edifici.
Di notevole interesse la presenza di specchi d'acqua retrodunali, soprattutto nella porzione meridionale (località La Piscina). La maggiore criticità è costituita dalla presenza della centrale elettrica di Montalto di Castro, situata all'altezza della porzione centrale del perimetro proposto, all'esterno di esso.
La notevole estensione longitudinale del cordone dunale costiero individuato, la presenza di elevati valori naturalistici e la necessità di assicurare in tempi rapidi un'efficace gestione del sito, sempre necessaria in un ambiente complesso e delicato come quello costiero, dove numerosi fattori in reciproco equilibrio dinamico devono integrarsi a sollecitazioni antropiche discontinue durante l'anno che causano pressioni di elevata entità, consigliano l'istituzione di un Parco Naturale o di una Riserva Naturale.

Tav. 6.1.a - *Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora – tratto settentrionale (Limite proposto, CTR, AAPP istituite, siti NATURA2000)*

Tav. 6.1.b *- Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora – tratto settentrionale (Limite proposto, CTR, aerofotografia)*

Tav. 6.2.a *- Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora – tratto centrale (Limite proposto, CTR, AAPP istituite, siti NATURA2000)*

Tav. 6.2.b - *Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora – tratto centrale (Limite proposto, CTR, aerofotografia)*

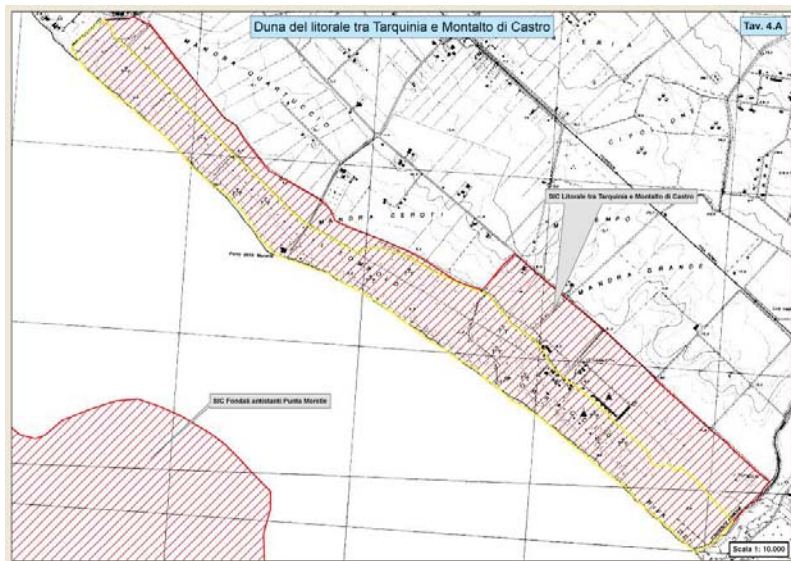
Tav. 6.3.a - *Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora – tratto meridionale (Limite proposto, CTR, AAPP istituite, siti NATURA2000)*

Tav. 6 3.b - Duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora – tratto meridionale (Limite proposto, CTR, aerofotografia)

6.5.2 Duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro

Il cordone dunale costiero proposto per la tutela è situato poco a sud del precedente e risulta interamente compreso nel SIC IT6010027 “Litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro”.
Il limite proposto confina verso l’entroterra per la quasi totalità della sua estensione con terreni agricoli.

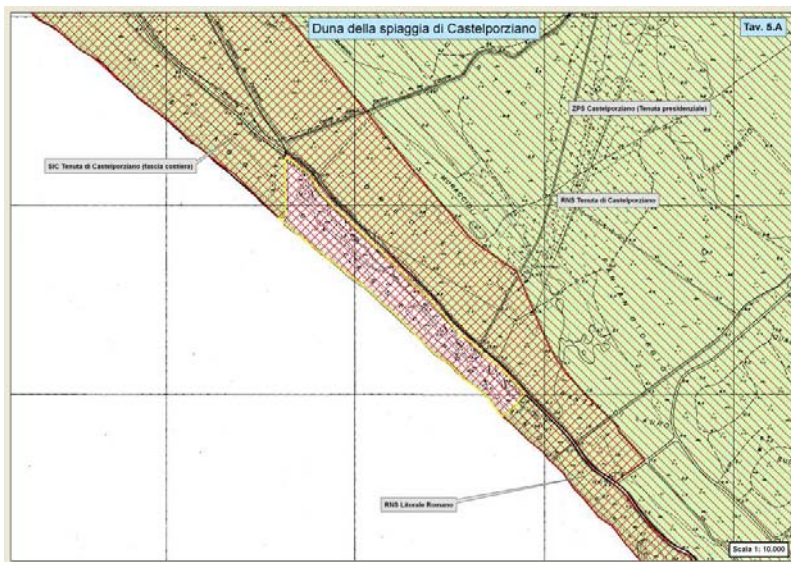
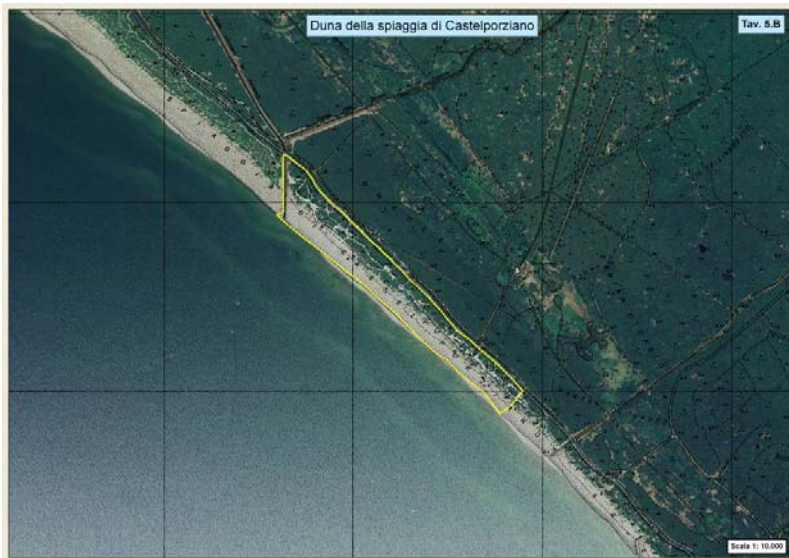
Opportunità e criticità – Dal punto di vista geomorfologico il tratto di duna in esame presenta un basso grado di antropizzazione, legato soprattutto alla presenza di un parcheggio con edifici in località Porto delle Murelle e alla presenza di una lottizzazione in località Le Casalette, situata per la maggior parte esternamente al perimetro proposto ma che si spinge in parte anche all’interno di esso. Verso il limite meridionale del perimetro proposto, nelle vicinanze della foce del Torrente Arrone, sono presenti zone palustri e stagni effimeri.
Come già detto per il tratto di duna situato a nord di questo, anche nel caso della duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro la presenza di elevati valori naturalistici e la necessità di assicurare in tempi rapidi un’efficace gestione del sito, considerazione sempre valida in ambiente costiero a motivo della complessità degli equilibri e dell’imponenza delle sollecitazioni antropiche, consigliano di predisporre al più presto una forma di tutela attiva dell’area.
Una possibile soluzione è quella di aggregare la duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro alla duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora, istituendo un Parco Naturale o una Riserva Naturale costituita da due perimetri fisicamente separati. In alternativa sarebbe possibile istituire un Parco Naturale o di una Riserva Naturale che tuteli la duna del litorale a NW della foce del Fiume Fiora affidando a tale ente la gestione del SIC IT6010027 “Litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro” che, come detto in precedenza, include interamente il tratto dunale costiero di pregio,

predisponendo al contempo adeguate misure di conservazione incentrate sulla tutela dell'ambiente dunale.

Tav. 6.4.a - *Duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro (Limite proposto, CTR, AAPP istituite, siti NATURA2000)*

Tav. 6.4.b - *Duna del litorale tra Tarquinia e Montalto di Castro (Limite proposto, CTR, aerofotografia)*

6.5.3 Duna della spiaggia di Castelporziano

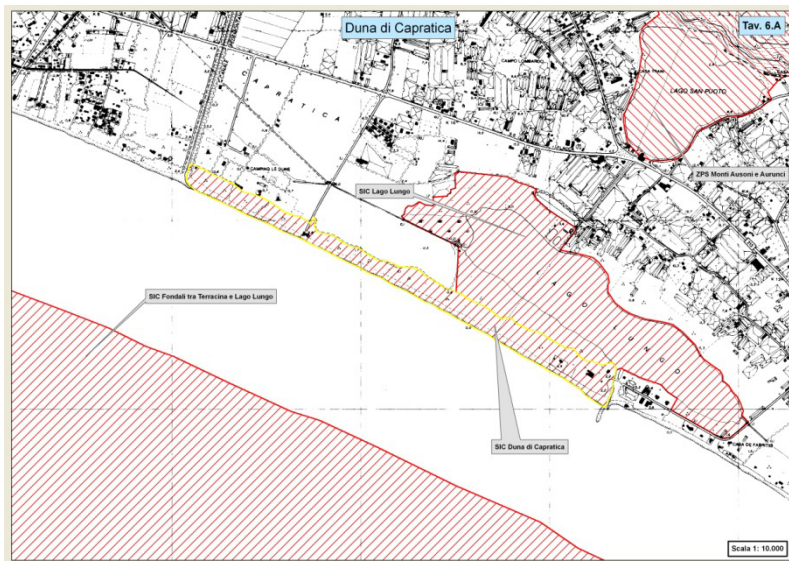
Il cordone dunale costiero proposto per la tutela si trova a sud della foce del Fiume Tevere e rappresenta l'unico lembo di spiaggia non compreso nel territorio della Riserva Naturale Statale Tenuta di Castelporziano. Il limite proposto è interamente compreso nel SIC IT6030027 "Tenuta di Castelporziano (fascia costiera) e nella ZPS IT6030084 "Castelporziano (tenuta presidenziale)". Esso confina verso l'entroterra con la macchia di Castelporziano, senza soluzione di continuità con la vegetazione.

Opportunità e criticità – Questo tratto della duna di Castelporziano presenta una discreta naturalità geomorfologica, interrotta solamente dalla strada asfaltata che corre parallela alla costa nella zona retrodunale. Dal punto di vista vegetazionale è presente un'elevata ricchezza di specie floristiche autoctone. Le maggiori criticità sono rappresentate dalla presenza di una fitta rete di sentieri dotati anche d'infrastrutture balneari che percorrono tutto il corpo dunale, frammentando notevolmente la copertura vegetale.
La migliore soluzione per garantire la conservazione di questo tratto di duna costiera è costituita senz'altro dalla sua inclusione nel perimetro della Riserva Naturale Statale Tenuta di Castelporziano.

Tav. 6.5.a - *Duna della spiaggia di Castelporziano*
(Limite proposto, CTR, AAPP istituite, siti NATURA2000

Tav. 6.5.b - *Duna della spiaggia di Castelporziano (Limite proposto, CTR, aerofotografia)*

6.5.4 Duna di Capratica

Il cordone dunale costiero proposto per la tutela è compreso tra la foce del canale pedemontano e la foce del canale che collega al mare il Lago Lungo. L'intero perimetro proposto coincide con il SIC IT6040021 "Duna di Capratica". Esso confina verso l'entroterra con terreni agricoli, ad eccezione della porzione più settentrionale, dove è presente una pineta.

Opportunità e criticità – Dal punto di vista vegetazionale la duna di Capratica presenta elevata ricchezza di specie floristiche autoctone, mentre dal punto di vista geomorfologico il grado di naturalità è piuttosto elevato, essendo presenti solo pochi edifici ed un parcheggio. Le maggiori criticità derivano dalla fitta rete di percorsi pedonali, a volte accompagnati da edifici e strutture legati al turismo balneare che in molti tratti interrompono la continuità della copertura vegetale. Altro fattore di criticità è costituito dalla presenza di un campeggio turistico all'interno della pineta che sorge a ridosso del canale pedemontano, esternamente al limite proposto.
La presenza di elevati valori naturalistici e la necessità di assicurare in tempi rapidi un'efficace gestione del sito, sempre necessaria in un ambiente complesso e delicato come quello costiero, dove numerosi fattori in reciproco equilibrio dinamico devono integrarsi a sollecitazioni antropiche discontinue durante l'anno che causano pressioni di elevata entità, consigliano l'istituzione di un Parco Naturale o di una Riserva Naturale. Tale soluzione è motivata soprattutto dalla forte pressione antropica presente durante la stagione balneare, che minaccia fortemente l'equilibrio dell'intero cordone dunale. Qualora si ritenesse inopportuna l'istituzione di un Parco Naturale o di una Riserva Naturale per tutelare una zona di superficie così ridotta,

un'altra soluzione potrebbe consistere nell'integrazione della duna di Capratica nei territori tutelati dall'Ente Parco Riviera d'Ulisse.

Tav. 6.6.a - *Duna di Capratica (Limite proposto, CTR, AAPP istituite, siti NATURA2000)*

Tav. 6.6.b - *Duna di Capratica (Limite proposto, CTR, aerofotografia)*

Bibliografia

ACOSTA A., BLASI C., ESPOSITO S., STANISCI A. (2000) - Analisi della vegetazione delle dune costiere del Lazio centro-meridionale. *Inf. Bot. Ital.* ***32*** *(1): 5-10.*

ACOSTA A., IZZI F. & STANISCI, A. (2006) - Comparison of native and alien plant traits in Mediterranean coastal dunes. *Community Ecology.* ***7****: 35-41.*

ACOSTA A., CARRANZA M.L., IZZI C.F. (2008) - Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodiversity and Conservation, ISSN: 0960-3115.*

AUDISIO, (2002) - Litorali sabbiosi e organismi animali. In: Minelli, A., Ruffo, S., Stoch, F. (Eds): Dune e spiagge sabbiose. *Quaderni Habitat, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Museo di Storia Naturale, Comune di Udine.*

AA.VV. (1999) - Atlante delle spiagge italiane. *Giuliano Fierro Ed., SELCA, Firenze, 108 Tavv.*

AA.VV. (2006) - Lo stato dei litorali italiani. Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero. *Studi Costieri 10, 174 pp.*

AA.VV. (2008) - Habitat e specie di interesse comunitario nel Lazio. Ed. ARP – Agenzia Regionale Parchi, Roma.

CASTANY G., (2003). Idrogeologia - Principi e metodi*. Flaccovio Ed.*

D'ALESSANDRO L., La MONICA G.B., 1999. Rischio per erosione dei litorali italiani. *Atti dei Convegni Lincei, 154, 251-256.*

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE – Direzione per la Protezione della Natura, (2008) - Attuazione della Direttiva Habitat e stato di conservazione di habitat e specie in Italia. *Palombi & Partener s.r.l.*

SIMEONI U., CALDERONI G., TESSARI U., MAZZINI E. (1999) - A new application of system theory to foredunes intervention strategies. *Journal of Coastal Research,* ***15(2****), 457-470.*

STANISCI A., ACOSTA A., ERCOLE S., BLASI C. (2004) - Plant communities on coastal dunes in Lazio (Italy). *Annali di Botanica n.s., vol. IV: 7-16.*

7. ANALISI DELLA DINAMICA DEPOSIZIONALE DELLE *BANQUETTE* DI *POSIDONIA OCEANICA* NELLA SPIAGGIA DI CALA DI TRANA (PALAU) MEDIANTE VIDEO-MONITORAGGIO

di Giovanni De Falco, Simone Simeone, Sandro De Muro

Introduzione

La costituzione morfologica delle spiagge non è casuale, ma l'organizzazione e la formazione lungo le spiagge di strutture sedimentarie deriva delle interazioni tra fluido dinamica, topografia e trasporto sedimentario. Ciascuno di questi fattori può interagire con l'altro e condizionarlo reciprocamente (Masselink and Huges 2006).
Le spiagge Mediterranee sono tutte caratterizzate da un escursione di marea molto bassa (Gomez-Pujol et al. 2007), solo in alto Adriatico si riscontrano escursioni di marea che in alcuni casi superano il metro. Le modificazioni morfologiche delle spiagge Mediterranee sono quindi principalmente dovute agli eventi di tempesta e alle mareggiate (Baxterretxea *et al.*, 2004).
Il monitoraggio in continuo delle spiagge consente di investigare i processi costieri e la dinamica evolutiva dei sistemi di spiaggia alla scala temporale del singolo evento (giorni), essendo le spiagge un sistema molto dinamico e le cui variazioni possono avvenire sia nell'ordine delle stagioni che a scala giornaliera (Masselink and Huges 2006). A seconda della scala a cui si opera è necessario scegliere la metodologia più opportuna. Il video-monitoraggio è un sistema molto diffuso che permette di monitorare le variazioni morfologiche della spiaggia a scala giornaliera (Quartel *et al.,* 2006; Holland *et al.,* 1997; Holland, 1998).
La fanerogama marina *Posidonia oceanica* è una pianta marina endemica del Mediterraneo (Pergent *et al.,* 1995) che colonizza prevalentemente i fondi mobili e forma estese praterie fino alla profondità di 40 metri. La presenza della *P. oceanica* influenza i processi di dinamica costiera. In particolare Baxterretxea et al., (2004) hanno dimostrato come la presenza della prateria influenzi la forma del profilo di spiaggia. La *P. oceanica* perde le foglie in autunno (Mateo *et al.*, 2003), le foglie e la lettiera prodotta dalla pianta possono ritrovarsi sotto forma di grossi accumuli lungo le coste sabbiose di molte regioni costiere del Mediterraneo (De Falco *et al.*, 2003; Guala *et al.*, 2006, De Falco *et al.*, 2008). Questi accumuli costituiti da foglie, sabbia e rizomi sono stati definiti '*banquette*' (Boudouresque *and* Meisneiz, 1982).
Tali accumuli possono rappresentare un danno economico in quanto la presenza del fogliame sulla spiaggia scoraggia la presenza di turisti. Conseguentemente è forte la richiesta alle amministrazioni locali, da parte degli operatori turistici, di rimuovere la Posidonia spiaggiata per pulire le spiagge e renderle più gradevoli.
L'aumentare dei fenomeni di erosione delle spiagge, pone la necessità di approfondire gli effetti delle operazioni di 'pulizia' dei litorali sulla loro stabilità. Il materiale rimosso dalle spiagge della Sardegna nell'anno 2004 ammontava a circa 106.000 m^3, per la maggior parte in aree a elevato sviluppo turistico o in siti dove sono presenti estese praterie di Posidonia.
La presenza di *banquette* può influenzare la geomorfologia della spiaggia (Simeone *et al.*, 2008). De Falco *et al.*, 2003 hanno evidenziato come in alcune spiagge del settore occidentale della Sardegna la lettiera spiaggiata della *P. oceanica* contribuisca alla formazione della berma. Inoltre Le *banquette* sono spesso citate come elemento di protezione dei litorali sabbiosi dall'erosione (Mateo *et al.*, 2003).

Poco si sa sui processi deposizionali delle *banquette* nelle spiagge, Simeone (2008) evidenzia come la deposizione delle *banquette* inizi al diminuire dell'intensità delle mareggiate con la deposizione dei materiali più pesanti (rizomi sabbia e foglie) al limite superiore del *run up*, e come tale processo continui con la deposizione delle foglie con ulteriore abbassamento dell'energia ondosa. Il lavoro citato non analizza la deposizione delle *banquette* in relazione ad un singolo evento di deposizione, ma elabora un modello deposizionale delle *banquette* sulla base delle loro caratteristiche geometriche e composizionali.
In questo lavoro si analizza la dinamica deposizionale delle *banquette* su una spiaggia incassata attraverso l'osservazione di singoli eventi di deposizione e erosione mediante il video-monitoraggio. Si analizza inoltre il trasporto di foglie e gli scambi tra le *banquette* della spiaggia emersa e la lettiera della spiaggia sommersa.
Il lavoro è stato svolto in una spiaggia incassata del Nord Sardegna con l'utilizzo di una stazione di video-monitoraggio comprendente due fotocamere e una videocamera.

7.1 Area di studio

La spiaggia indagata è localizzata nella baia di Cala di Trana (Palau) (Figura 7.1).

Fig. 7.1 - *Immagine da satellite della spiaggia di Cala Di Trana (Palau) con l'ubicazione del punto di installazione della stazione di video-monitoraggio.*

Il tratto costiero compreso tra Olbia e Santa Teresa di Gallura è caratterizzato da un articolato sistema di baie profonde e promontori, legato all'evoluzione geologica dell'area, specialmente durante il Plio-Quaternario. I basculamenti Pliocenici vergenti verso NE hanno accentuato l'evoluzione di queste tipiche insenature dette rias (De Muro *et al.*, 1997), impostate su lineazioni tettoniche di età Ercinica ed Alpina e rappresentate nella zona di nostro interesse da quelle di Porto Liscia, Porto Puddu, Porto Pozzo, Baia di Nelson, Rada di Palau, Stintino dell'Orso e Baia Saline.
Quest'impronta strutturale si evidenzia in modo chiarissimo lungo la fascia costiera. Il sistema di diaclasi, particolarmente sviluppate e modellate, crea linee di debolezza

preferenziali che controllano lo sviluppo dei processi legati allo scorrimento delle acque superficiali o alla gravità. La zona a sud del Monte Don Diego è caratterizzata dalla presenza di un altro lineamento strutturale a direzione nord-nord-est/sud-sud-ovest (Cala di Trana/Barrabisa) evidenziato da un ampio avvallamento nella zona di Punta Sardegna e una marcata depressione nell'area di Porto Puddu. La presenza di tale lineamento, il cui prolungamento verso terra, indicato come presunto, è ipotizzabile solo sulla base morfologica, ha fortemente controllato l'evoluzione dei fondali della baia di Porto Puddu.

7.2 Materiali e metodi

La stazione di video-monitoraggio è stata installata nel 2007, sulla sommità del rilievo di Punta Sardegna (quota 111 m) distante circa 850 m dalla spiaggia indagata.
Il sistema, realizzato dall'azienda S.W.M. di La Spezia, comprende una videocamera e due fotocamere montate su un palo di alluminio.
La videocamera con lo zoom regolato al massimo è stata calibrata su una vista che comprende la spiaggia e acquisisce un fermo immagine tre volte al giorno. Da tale immagine si possono osservare lo *swash* istantaneo, il *run-up* istantaneo, le *banquette* di *Posidonia oceanica*. Le immagini della videocamera sono state utilizzate nel presente lavoro per analizzare la deposizione delle *banquette* sulla spiaggia.
Dalla stessa videocamera, immediatamente dopo l'acquisizione del fotogramma singolo, il software di gestione acquisisce 20 fotogrammi intervallati di 1/8 di secondo. Sui fotogrammi acquisiti il software esegue l'analisi di varianza che fornisce informazioni sull'ampiezza della zona di *swash*, l'evoluzione dei *blowout* della duna.
Le fotocamere sono calibrate per una visuale più ampia comprendente una parte delle baia.
Una fotocamera Olympus SP350 da 8 megapixel, con zoom 3 x 38-114 mm regolato al minimo, acquisisce tre immagini al giorno (ore 9.50;11.50;14.50). Le immagini derivano da un singolo scatto. La fotocamera può essere usata per individuare la posizione della lettiera e l'intensità delle mareggiata.
Una seconda fotocamera identica alla precedente acquisisce alle ore 10, 12 e 15 (ora locale) 20 scatti (uno al secondo), su cui il software di gestione effettua un trattamento che consente la restituzione dell'immagine mediata. Da questa immagine si possono valutare l'ampiezza della zona di *swash*, la linea di riva, e il *run up*.
La stazione comprende inoltre una centrale meteorologica con sensori per l'acquisizione di dati in continuo di temperatura dell'aria, pressione atmosferica, velocità e direzione del vento.
La comunicazione tra la stazione di video-monitoraggio e il server, presso la Fondazione IMC, è assicurata da una connessione via GPRS che copre gli intervalli di tempo in cui avviene l'acquisizione. Tale collegamento si attiva ogni giorno dalle 10 alle 10:30, dalle 11:40 alle 12:30 e dalle 14:30 alle 15:30 , trasmettendo tutte le immagini acquisite e i dati meteorologici che possono essere visualizzati istantaneamente su un sito internet.
I dati rilevati, immagini e dati meteorologici, sono inoltre archiviati in una unità di memoria situata all'interno della stazione di video-monitoraggio e possono essere scaricati da un operatore autorizzato via ftp.
Per l'analisi degli eventi deposizionali delle *banquette* di Posidonia sono state utilizzate le immagini provenienti dalla videocamera (immagini istantanee) che hanno consentito di descrivere la sequenza deposizionale delle *banquette* lungo la spiaggia, e le immagini con vista larga della fotocamera che hanno consentito di descrivere il movimento della lettiera a mare.

La variabilità della posizione delle aree di accumulo delle *banquette* e della zona di *swash* nel corso dell'anno di rilevamento è stata analizzata attraverso l'analisi d'immagine dell'intensità dei pixel lungo profili selezionati delle foto.
I profili sono stati tracciati nelle immagini mediate, acquisite dalla fotocamera, tra il piede della duna fino al limite esterno della zona di swash. Per semplificare l'analisi le immagini in RGB (Red, Green, Blue) sono state trasformate in bianco e nero (Grayscale).
I profili di intensità rilevati giornalmente agli stessi orari vengono automaticamente analizzati attraverso il software MATLAB che consente l'estrazione automatica dei valori di intensità luminosa. L'analisi della variabilità delle aree di deposizione delle *banquette* lungo il profilo e della zona di *swash* è stata effettuata attraverso l'Analisi Fattoriale considerando gli eventi giornalieri come variabili e i singoli pixel lungo il profilo come casi.

7.3 Risultati e discussione

Nella Figura 7.2A è riportata un'immagine della spiaggia ripresa dalla videocamera in data 16 ottobre 2007. L'immagine rappresenta la condizione stabile che la spiaggia ha mantenuto sin dalla fine dell'estate. Si nota l'assenza di *banquette* sulla spiaggia.

Fig. 7.2 *- Sequenza di immagini della videocamera che illustrano la deposizione delle banquette sulla spiaggia in relazione alla prima mareggiata successiva al periodo estivo relative alle date 16 ottobre (A) e 19 ottobre (B).*

Alla stessa data è visibile la lettiera di Posidonia in mare dall'immagine ripresa dalla fotocamera (Figura 7.4A). In tale periodo la prateria di Posidonia ha iniziato il suo ciclo annuale di perdita delle foglie (Mateo *et al.*, 2002) che vanno ad alimentare la lettiera e possono essere trasportate in spiaggia dalle mareggiate. La lettiera è accumulata prevalentemente al centro della baia (Figura 7.4A).

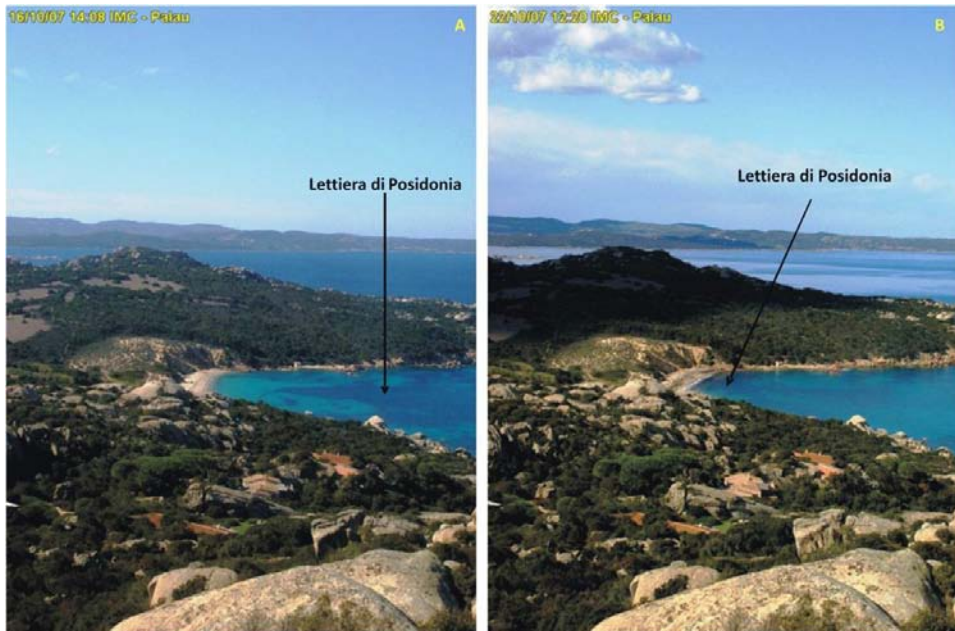



Fig. 7.3 - *Immagini con campo allargato della fotocamera riprese in data 16 ottobre (A) e 22 ottobre (B) che illustrano il movimento della lettiera in seguito alla mareggiata*

Tra il 19 e il 22 ottobre 2007 una prima importante mareggiata interessa la spiaggia con venti da Ovest-Nord-Ovest, tendenti a Est d'intensità fino a 18 m/s.
Con il progredire della mareggiata (Figura 7.2B) si inizia a formare un deposito di foglie sul lato occidentale della spiaggia. Le foglie si depositano a partire dalla fascia del massimo run-up, indicando in tal modo l'ampiezza della zona dei frangenti. La deposizione procede progressivamente con il diminuire del *run-up* interessando tutta la spiaggia (Figura 7.3A). Al termine della mareggiata le *banquette* risultano estese su tutto l'arco di spiaggia (Figura 7.3B).

Fig. 7.4 *- Sequenza di immagini relative alle date 21 ottobre (A), 22 ottobre (B)*

L'osservazione del fenomeno, di cui si sono riportate alcune immagini significative, consente di individuare i meccanismi deposizionali delle *banquette*. La deposizione avviene per fasce progredendo da terra verso il mare con il progressivo arretramento della zona di swash al diminuire dell'intensità della mareggiata.
L'analisi delle immagini della fotocamera (Figura 7.4A, B) indica un trasporto di foglie dalla lettiera nel centro baia verso la spiaggia. Al termine della mareggiata la lettiera in mare si dispone in prossimità della battigia, in continuità con le *banquette* della zona emersa.
L'evento descritto rappresenta il primo ciclo deposizionale di *banquette* di Posidonia sulla spiaggia di Cala di Trana nell'Autunno del 2007. Eventi meteo marini successivi hanno determinato l'erosione delle *banquette* deposte e il trasporto delle foglie nuovamente verso la lettiera, per una successiva deposizione al termine della mareggiata.

Gli andamenti temporali dei cicli di erosione e deposizione delle *banquette* risultano evidenti dall'analisi fattoriale della luminosità dei pixel nel corso di una anno lungo il profilo trasversale di spiaggia. Il primo fattore, che spiega il 62% della varianza, rappresenta la variabilità stagionale lungo il profilo di spiaggia. In Figura 7.5 è riportato l'andamento temporale dello score fattoriale.

Analisi fattoriale: correlazione tra il Fattore 1 e le date di acquisizione

Coefficiente di correlazione

1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0

Factor 1

6-ago 25-set 14-nov 3-gen 22-feb 12-apr 1-giu 21-lug

Data di acquisizione dell'immagine

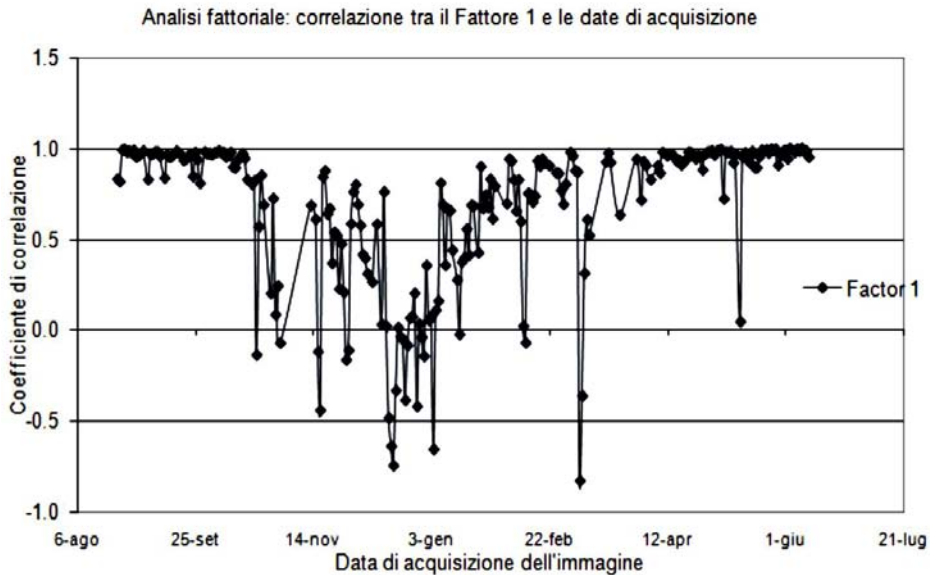



Fig. 7.5 *- Andamento temporale dello score fattoriale (Fattore 1) derivante dalla analisi d'immagine del profilo di spiaggia durante il corso dell'anno. Valori intorno allo zero indicano condizioni 'estive' della spiaggia, valori negativi condizioni 'invernali'.*

Valori prossimi a 1 indicano condizioni di elevata luminosità dei pixel del profilo (condizioni 'estive'), viceversa valori bassi dello score fattoriale indicano condizioni di bassa luminosità per la presenza delle *banquette* o per l'elevato run-up che comporta l'inondazione di un settore ampio del profilo.
Si osserva che condizioni costanti di elevata luminosità sono presenti dall'Estate fino al mese di Ottobre. In corrispondenza con le prime mareggiate forti variazioni di luminosità interessano la spiaggia, particolarmente nei mesi compresi tra Ottobre e Gennaio. Successivamente ad un periodo di relativa calma nel mese di Gennaio, si osserva una ripresa della variabilità dello score fattoriale nel periodo Febbraio – Marzo. Da metà Aprile le condizioni di luminosità ritornano simili a quelle dell'Estate precedente, con la spiaggia priva di *banquette*.
In sostanza le *banquette* subiscono nel corso dell'anno una serie di cicli di erosione e deposizione che comportano una mobilizzazione delle foglie tra la lettiera e la spiaggia. Parte dell'energia del moto ondoso viene così dissipata per la mobilizzazione delle foglie della *Posidonia oceanica*. Questo fenomeno si verificato, nell'anno di indagine, in un intervallo di tempo compreso tra Ottobre e Aprile, mentre prima e dopo tali mesi la spiaggia e rimasta in condizioni costanti di bassa variabilità.

Appare quindi evidente che la rimozione delle *banquette* durante la Primavera, nel periodo in cui la spiaggia è ancora soggetta alle mareggiate invernali, possa avere un impatto notevole sulla spiaggia stessa e sia quindi una pratica da evitare.

Conclusioni

- Il sistema di video-monitoraggio si è dimostrato uno strumento utile per l'analisi di eventi a scala temporale ridotta (giorni). In particolare il sistema ha consentito di individuare il meccanismo di deposizione delle *banquette* di *Posidonia oceanica*.
- La deposizione avviene per fasce progredendo da terra verso il mare con il progressivo arretramento della zona di swash al diminuire dell'intensità della mareggiata.
- Le *banquette* subiscono nel corso dell'anno una serie di cicli di erosione e deposizione che comportano una mobilizzazione delle foglie tra la lettiera e la spiaggia.
- I cicli dei erosione e deposizione delle *banquette* si sono verificati, nell'anno di monitoraggio, in un periodo compreso tra Ottobre e Aprile.

Bibliografia

BASTERRETXEA G., ORFILA A., JORDI A., CASAS B., LYNETT P., LIU P.L.F., DUARTE C. M, TINTOR J. (2004) - Seasonal dynamics of a microtidal pocket beach with *Posidonia oceanica* seabeds (Mallorca, Spain). *Journal of Coastal Research 20(4), 1155-1164.*

DE FALCO G., MOLINAROLI E., BAROLI M., BELLACICCO S. (2003) - Grain size and compositional trends of sediments from *Posidonia oceanica* meadows to Beach Shore, Sardinia, Western Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 58, 299-309.

DE FALCO G., SIMEONE S., BAROLI M. (2008) - Management of beach-cast *Posidonia oceanica* seagrass on the island of sadinia (Italy, western mediterranean). *Journal of Coastal Research, 24: 69-75.*

DE MURO S., CAMIN M., FANZUTTI G. P. (1997) - Geomorphological map of the coastal and marine area between punta Sardegna and Culuccia peninsula. New deglacial sea level records from underwater surveys and dating intergranular cement of beachrock (northeastern Sardegna Italia). *IVth International Geomorphology Conference (Bologna, 1997, Italia). Abstract + carta.*

GUALA I., SIMEONE S., BUIA M.C., FLAGELLA S., BAROLI M., AND DE FALCO G. (2006) - *Posidonia oceanica* 'banquette' removal: environmental impact and management implications. Proceedings mediterranean seagrass workshop (Marsascala, Malta). *Biologia marina mediterranea 13(4), pp. 149-153.*

HOLLAND K. T, HOLMAN R. A., LIPPMANN T. C., STANLEY J., PLANT N. (1997) - Practical use of video imagery in nearshore oceanographic field studies. *Ieee Journal of Oceanic Engineering 22, (1), 81-92.*

HOLLAND, K.D., (1998) - Beach cusps formation and spacings at duck, Usa. *Continiental Shelf Research 18, 1081-1098.*

MASSELINK G., HUGES M. G. (2006) - Introduction to coastal processes and geomorphology. *Hodder Arnold, London. 354 pp.*

MATEO M. A., SANCHEZ-LIZASO J. L., ROMERO J. (2002) - *Posidonia oceanica* 'banquettes': a preliminary assessment of the relevance for meadow carbon and nutrients budget. *Estuarine Coastal and Shelf Science, 56 (1): 85-90.*

OCHIENG C.A, ERFTMEIJER P. L. A. (1999) - Accumulation of seagrass beach cast along the kenyan coast: a quantitative assessment. *Aquatic Botany, 65: 221-238.*

PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., AND BOUDOURESQUE C. F. (1995) - Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualite du milieu littoral en mediterranee: etat des connaissances. *Mesogée, 54, pp. 3-27.*

QUARTEL S., ADDINK E.A., RUESSINK B. G. (2006) - Object-oriented extraction of beach morphology from video images. *Interantional Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 8, 256-269.*

SIMEONE S. (2008) - *Posidonia oceanica* banquettes removal: sedimentological, geomorphological and ecological implication. *phd thesis.*

8. COME FUNZIONA LA BANCA DATI "SARA"

di Pietro Massimiliano Bianco, Carlo Dacquino

Nell'ambito delle ricerche e degli studi finalizzati alla realizzazione del repertorio nazionale degli interventi di ripristino dei sistemi dunali è stata aggiornata ed ampiamente integrata una banca dati, realizzata anni fa dall'allora APAT, relativa alle specie vegetali tipiche degli ambienti costieri ed utilizzate in interventi di risanamento e di rinaturazione. La banca dati SARA intende facilitare i processi cognitivi necessari per attuare efficaci opere di conservazione, risanamento e rinaturazione negli ecosistemi costieri del nostro paese e si rivolge al Sistema delle Agenzie, alle Pubbliche Amministrazioni, ai professionisti impegnati a vario titolo nel recupero e risanamento ambientale, ma anche ad utenti generici (studenti, insegnanti etc.) interessati alla conoscenza degli habitat e delle specie presenti all'interno di spazi territoriali definiti (ad es., Regioni). La banca dati sarà aperta a collaborazioni e verrà perfezionata in relazione alle segnalazioni degli stessi utenti.

8.1 Dune costiere: biodiversità in pericolo

Le dune costiere italiane presentano una notevole diversità strutturale ed ecologica a causa sia della presenza di gradienti di salinità, umidità ed evoluzione del suolo, sia del secolare impatto antropico che ha favorito le comunità secondarie e la formazione di mosaici.
In Italia si tratta di ambienti arealmente molto limitati. I depositi dunali costieri presentano uno sviluppo residuo complessivo minore del 10% dello sviluppo costiero nazionale e solo il 20% di quello interessato da litorali sabbiosi (Atlante delle spiagge Italiane, CNR 1980-1997; Fierro et al. 1999, 2000). Sulle coste abbiamo 402 ab./Kmq. Nei periodi turistici di punta si sale addirittura a 730 ab./Kmq. Il litorale libero da insediamenti occupa solo il 29% della costa (WWF Italia, 1997).
Negli ultimi trent'anni l'impatto turistico ed urbano ha determinato la rarefazione di buona parte della vegetazione dunale sostituita da paesaggi antropici finalizzati al turismo di massa e a spazi residenziali.
Urbanizzazione, frammentazione e pressione agricola sono le principali minacce al mantenimento della qualità degli habitat superstiti protetti. Tuttavia è possibile individuare ancora le specie e i gruppi di specie autoctone che caratterizzavano gli habitat costieri.
Nelle aree protette gli interventi di ripristino e recupero non possono fare a meno di tener presente le caratterizzazioni ecologiche di queste comunità e specie. A questo fine ISPRA ha deciso di avviare le attività per la creazione della Banca Dati SARA.

8.2 Banche dati floristiche e floro-vegetazionali

La conoscenza della flora è alla base dello studio degli ecosistemi. Attraverso la conoscenza delle caratteristiche delle specie vegetali e delle loro relazioni interspecifiche possiamo ricostruire modelli dei sistemi analizzati. Tale modellizzazione è una delle basi per corrette azioni di recupero, riqualificazione e protezione ambientale.
Il legame tra specie e caratteristiche biologiche, corologiche ed ecologiche rende possibile, l'esecuzione di analisi volte a caratterizzare qualitativamente e quantitativamente la flora di un area o di una comunità e a programmare l'uso di determinate specie negli interventi di mitigazione e recupero.

I dati ottenuti con lo studio a livello locale possono essere riferiti alla devianza rispetto a caratteristiche nazionali o regionali permettendo una caratterizzazione qualitativa.
La costruzione di Banche dati floro-vegetazionali e l'Individuazione delle relazioni tra records floristici, micologici, briologici, lichenologici e sistemi europei di classificazione dell'uso del suolo (CORINE Land Cover), di habitat (NATURA 2000) e biotopi (CORINE Biotopes, EUNIS) permette di:

- Approfondire la conoscenza ecologica nei diversi ambienti di interesse nazionale e comunitario con particolare riferimento alle specie protette.
- Utilizzare di piante, funghi, muschi e licheni come indicatori in progetti di cartografia tematica, nell'applicazione di indici di valutazione della biodiversità e in altre iniziative di conservazione della natura tra le quali il restauro ambientale.
- Effettuare analisi della biodiversita a livello specifico e di comunità.
- Raccogliere informazioni sulla distribuzione delle specie nei diversi habitat e sui serbatoi di biodiversità.
- Utilizzare le specie come bioindicatori della qualità degli interventi di ripristino.
- Utilizzare le specie come indicatori nella realizzazione di carte della naturalità, della pressione antropica, della sensibilità ecologica e carte della vulnerabilità (vedi ad es. Progetto Carta della Natura – ISPRA).

8.3 Le specie nella Banca Dati SARA

Nella versione attuale di SARA sono state registrata 659 specie vegetali significativamente presenti o caratterizzanti negli ambienti costieri appartenenti a 306 Generi ed 88 Famiglie. Di queste le specie minacciate sono 173 pari al 27 %. Secondo i criteri IUCN possono essere così suddivise:

Livello di rischio	N° di entità
CRITICAL	36
ENDAGERED	35
VULNERABLE	60
LOW RISK	44

Le Endemiche sono 195 pari al 28 % dell'intero contingente. I generi più rappresentati sono *Limonium* (63 specie), *Allium*, *Centaurea*, *Euphorbia* (11 specie), *Atriplex* e *Carex* (8 specie). Le famiglie più rappresentate sono le seguenti (Tabella 8.1):

Famiglia	N° di entità
PLUMBAGINACEAE	67
ASTERACEAE	66
POACEAE	59
FABACEAE	39
AMARANTHACEAE	32
APIACEAE	22
BORAGINACEAE	10
BRASSICACEAE	18
CARYOPHYLLACEAE	29
CISTACEAE	18
CYPERACEAE	23

EUPHORBIACEAE	13
GENTIANACEAE	10
JUNCACEAE	15
LAMIACEAE	14
LILIACEAE	17

Per quanto riguarda gli habitat Natura 2000 si ha la seguente distribuzione (Tabella 8.2):

Habitat	N° di entità
1240 Scogliere con vegetazione delle coste mediterranee con *Limonium* spp. endemici	136
2240 Dune con prati dei Brachypodietalia e vegetazione annua	52
1310 Vegetazione annua pioniera a Salicornia e altre specie delle zone fangose e sabbiose	47
2230 Dune con prati dei Malcolmietalia	43
2260 Dune con vegetazione di sclerofille dei Cisto-Lavanduletalia	40
2270 Dune con foreste di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster**	39
2210 Dune fisse del litorale del Crucianellion maritimae	37
1410 Pascoli inondati mediterranei (Juncetalia maritimi)	34
1510 Steppe salate mediterranee (Limonietalia)*	34
2130 Dune costiere fisse a vegetazione erbacea ("dune grigie")*	33
2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* ("dune bianche")	30
2190 Depressioni umide interdunali	29
1210 Vegetazione annua delle linee di deposito marine	25
2250 Dune costiere con *Juniperus* spp.*	23
2110 Dune mobili embrionali	22
1420 Praterie e fruticeti mediterranee e termo-atlantici (Sarcocornetea fruticosi) di paludi salmastre	22
1430 Praterie e fruticeti alonitrofili (Pegano-Salsoletea)	20

Oltre agli habitat Natura 2000 le specie sono state riferite agli habitat CORINE Biotope ed EUNIS presenti nei Data Base di Carta Natura (vedi ad es: Dipartimento Difesa della Natura–ISPRA, Servizio Carta della Natura 2009a e 2009b). La costruzione di SARA ha quindi permesso anche una sommaria elencazione degli habitat costieri italiani a cui le specie sono state riferite seguendo il contesto gerarchico.

Es. Gerarchia del sistema di classificazione CORINE Biotope nella Banca Dati Sara (habitat costieri)

15.1 Vegetazione ad alofite con dominanza di Chenopodiacee succulente annuali
- 15.11 Praterie a salicornie annuali
  - 15.111 Salicornieti atlantici
    - 15.1112 Aggruppamenti a *Suaeda* e *Salicornia*
  - 15.113 Comunità pioniere mediterranee a *Salicornia*

15.1131 Comunità a *Salicornia* delle basse coste mediterranee centro-occidentali
15.1132 Tappeti a *Salicornia vaneta*
15.1133 Comunità a *Salicornia* delle alte coste mediterranee

15.2 Praterie a *Spartina*
15.21 Praterie a spartina dalle foglie larghe (*Spartina maritima*)

15.4 Prati salati continentali
15.41 Prati salati continentali con *Puccinellia distans*

15.5 Vegetazione delle paludi salmastre mediterranee
15.51 Paludi salmastre mediterranee a *Juncus maritimus e J. acutus*
15.52 Paludi salmastre a piccoli carici e altre specie
15.53 Pascoli mediterranei alo-psammofili
15.55 Prati salati mediterraneei a Puccinellia
15.56 Linee di deposito degli ambienti alofili
15.57 Formazioni ad *Artemisia caerulscens* e *Agropyron* sp.pl.
15.58 Formazioni a *Juncus subulatus*

15.6 Bassi cespuglieti alofili
15.61 Cespuglieti alofili mediterranei
15.611 Arbusteti bassi a *Arbusteti bassi a Arthrocnemum perenne*
15.613 Cespuglieti alofili a *Arthrocnemum glaucum*
15.614 Arbusteti alofite a *Suaeda vera*
15.616 Arbusteti mediterranei ad *Halimione portulacoides* e *Arthrocnemum*
15.617 Cespuglieti ad Halocnemum
15.63 Cespuglieti termofili a Limoniastrum

15.7 Cespuglieti alofili semi-desertici
15.72 Cespuglieti alo-nitrofili mediterranei
15.725 Cespuglieti alo-nitrofili siciliani

15.8 Steppe salate mediterranee
15.81 Steppe salate a *Limonium*

16.1 Spiagge
16.11 Arenile privo di vegetazione
16.12 Arenile con comunità vegetali annuali (Cakiletea maritimae)

16.2 Dune
16.21 Dune mobili e dune bianche
16.211 Dune mobili
6.2112 Dune mobili embrionali
16.212 Dune bianche
16.2122 Dune bianche mediterranee
16.22 Dune grigie
16.221 Dune grigie settentrionali (Adriatico settentrionale)
16.223 Dune grigie mediterranee
16.228 Comunità a specie annuali

16.229 Praterie xeriche delle dune
16.25 Cespuglieti a caducifoglie delle dune
16.251 Dune a *Hippophae rhamnoides*
16.27 Ginepreti e cespuglieti delle dune
16.271 Dune a *Juniperus oxicedrus* subsp. *macrocarpa*
16.272 Dune a *Juniperus phoenicea*
16.28 Cespuglieti a sclerofille delle dune
16.29 Dune alberate

16.3 Depressioni umide interdunali
16.31 Corpi idrici interdunali permanenti
16.32 Formazioni pioniere delle sabbie umide a specie annuali
16.33 Paludi interdunali
16.34 Praterie umide interdunali
16.35 Canneti e cariceti interdunali

Dalla Banca dati è possibile facilmente estrarre schede descrittive degli habitat o dei biotopi di interesse con le relative specie guida, protette, minacciate ed endemiche che possono essere usate nelle attività di recupero, mitigazione e monitoraggio della qualità ambientale.

Esempio:

Codice Corine Biotopes 16.2122 Dune bianche mediterranee
EUNIS B1.322 Dune costiere supralitorali ricoperte di vegetazione erbacea
Natura 2000: 2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* ("dune bianche")
Specie guida: AMMOPHILA ARENARIA subsp. AUSTRALIS (Mabille) Tutin
Specie protette: GALIUM LITORALE Guss. (All. 2 Dir. 92/43/CEE)
Specie minacciate: ANCHUSA CRISPA Viv. subsp. MARITIMA (Vals.) Selvi & Bigazzi, GALIUM LITORALE Guss., PHLEUM CRYPSOIDES (d'Urv.) Hack. subsp. SARDOUM (Hack.) Horn (EN), ANCHUSA LITOREA Moris (CR), ROMULEA LINARESII Parl. subsp. LINARESII (LR), ARMERIA PUNGENS (Link) Hoffmanns. & Link, LAUNAEA RESEDIFOLIA (L.) Kuntze, SILENE SUCCULENTA Forssk. subsp. CORSICA (DC.) Nyman (VU)
Specie endemiche: PHLEUM CRYPSOIDES (d'Urv.) Hack. subsp. SARDOUM (Hack.) Horn, ROMULEA LINARESII Parl. subsp. LINARESII, SILENE SUCCULENTA Forssk. subsp. CORSICA (DC.) Nyman

8.3.1 Architettura della Banca Dati SARA

Il database, realizzato in Microsoft ACCESS '97, si articola nelle seguenti tabelle, organizzate come mostrato nel diagramma di flusso in Figura 8.1:

- *Db_totale*
- *Corine Biotopi*
- *EUNIS*
- *Natura 2000*
- *Veg_com*
- *Veg_habitat*
- *Veg_prov*
- *Veg_zone*

- *Habitat*
- *Zone_diffusione*
- *Comuni_veg*
- *Province*
- *Regioni*

A queste si aggiungono le tabelle *Interventi* e *Hab2000_Interventi* che costituiscono un modulo per l'interfacciamento dell'Atlante degli Interventi di Ingegnera Naturalistica con il database in oggetto, di cui in questa relazione forniremo solo un breve accenno essendo un modulo in via di perfezionamento.

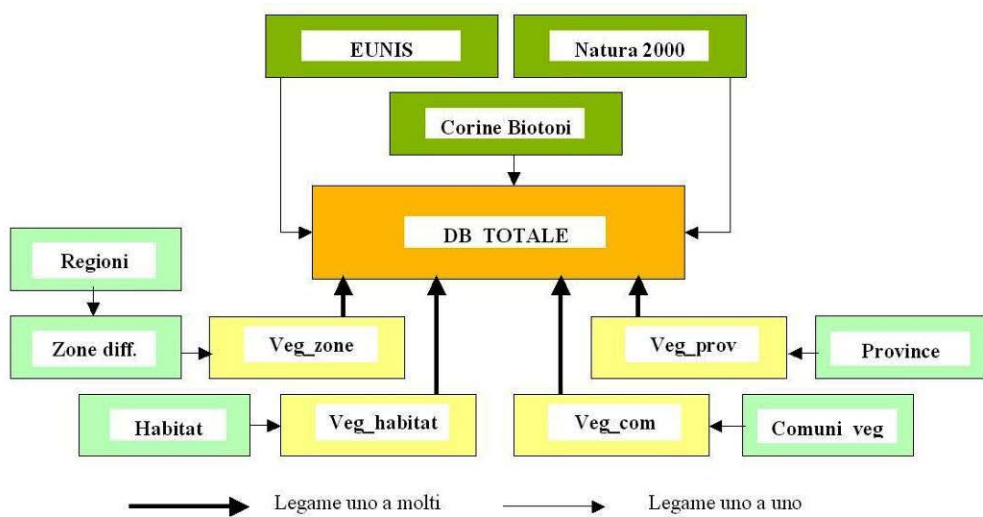



Fig. 8.1 - Articolazione del Data Base SARA

Di seguito si descrivono i contenuti delle tabelle sopra riportate.

Db_totale

Contiene le principali informazioni relative a ciascuna specie registrata, in particolare:

- *Codice*, identificativo univoco della specie nel database
- *Specie*, nome della specie
- *Sinonimi*
- *Forma biologica*
- *Corologia*
- *Portamento*
- *Fenologia*
- *Quota min*
- *Quota max*
- *Frequenza,*
- *Substrato*
- *Utilizzato per*, indica le tipologie di interventi naturalistici compatibili con la specie
- *Già utilizzato*
- *Normativa*

- *Famiglia*
- *Protezione*
- *Categoria di rischio (Scoppola)*
- *Lista_rossa*
- *IUCN*
- *Berna*
- *Classe*
- *Ordine*
- *Alleanza*
- *Associazione*
- *Note*
- *Cod_Natura 2000, Cod_Natura 2000 (1), Cod_Natura 2000 (2), Altri Cod_Natura 2000*
- *Cod_CorBio III 1 , Cod_CorBio III 2, Cod_CorBio III 3,Cod_CorBio III 4*
- *Cod_CorBio IV 1, Cod_CorBio IV 2, Cod_CorBio IV 3,*
- *Cod_CorBio V 1, Cod_CorBio V 2, Cod_CorBio V 3*
- *Cod_EUNIS , Cod_Eunis 2*
- *Cod_Corine max lev, Def_Corine max lev*

Tale tabella è collegata:
- con legame uno a uno, alle tabelle Corine Biotopi, Eunis, Natura 2000, tramite i relativi codici per l'estrazione delle corrispondenti definizioni di habitat;
- con legame uno a molti, alle tabelle Veg_com, Veg_prov, Veg_zone, Veg_habitat, tramite il codice univoco di specie.

Corine Biotopi, Eunis, Natura 2000
Queste tabelle contengono le definizioni degli habitat corrispondenti alle relative classificazioni e sono collegate con la tabella principale, "uno a uno", mediante i relativi codici di habitat.
La tabella Natura 2000 contiene, anche, la specificazione di habitat prioritario.

Veg_com, Veg_prov, Veg_zone, Veg_habitat
Queste tabelle, contenenti solo due campi, il codice di specie e il codice identificativo del corrispondente parametro, "Comune", "Provincia", "Zona di diffusione" e "Habitat", rispettivamente, sono collegate alla tabella principale mediante un legame "uno a molti", che permette di individuare tutti gli elementi di un certo parametro in cui la specie è (o può essere) presente.
A loro volta, tali tabelle, tramite un legame "uno a uno", permettono di estrarre la descrizione degli elementi individuati tramite le tabelle specifiche (Comuni_veg, Province, Zone_diffusione, Regioni[1]).

Comuni_veg, Province, Regioni, Zone_diffusione
Queste tabelle, collegate alle precedenti nel modo già descritto, contengono le specifiche dei relativi elementi, consentendo il passaggio dal codice alla corrispondente descrizione. La tabella Comuni_veg contiene anche le coordinate (UTM 32) dei comuni, consentendo l'individuazione delle specie presenti nell'intorno di

[1] Le zone di diffusione sono state definite in modo da risultare, ciascuna, univocamente collegata a una singola regione. Per questa ragione, vedi schema di flusso, il legame tra specie e regione viene individuato attraverso un duplice passaggio, Veg_zone → Zone_diffusione → Regioni.

un punto georeferenziato, attraverso la seguente catena: punto georeferenziato → comuni presenti nell'intorno del punto → specie presenti nei comuni individuati.

8.3.2 Software di interrogazione del Database

E' stato realizzato, in Visual Basic 6.0®, un software per l'interrogazione del Database, la cui schermata iniziale è mostrata in Figura 8.2.

Fig. 8.2 - *Schermata iniziale del Programma di gestione del Data Base SARA*

Tale software permette di interrogare il database ("Selezione") secondo due modalità:

- *Specie*
- *Interventi*

Selezione specie

La modalità specie abilita la schermata di ricerca mostrata in Figura 8.3. La schermata è divisa in due parti, a sinistra la ricerca per posizione geografica, a destra per caratteristiche della specie.

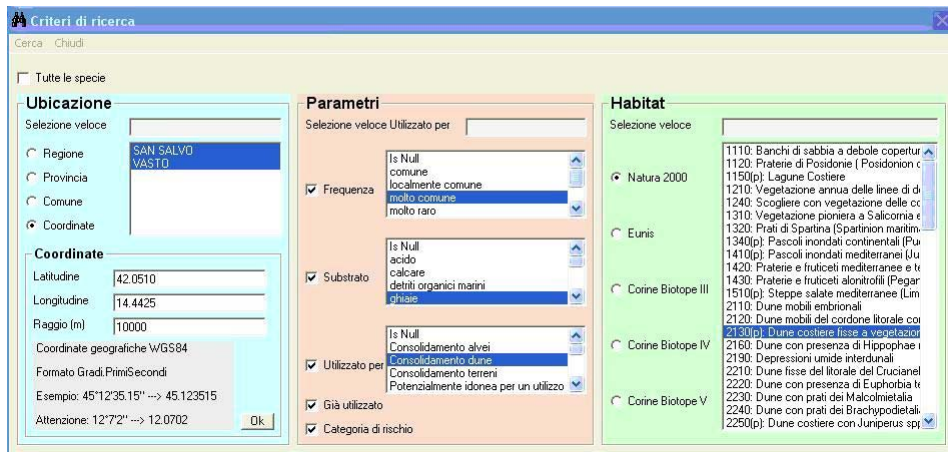



Fig. 8.3 - *Criteri di ricerca*

8.3.3 Ricerca per posizione geografica

I criteri di ricerca per posizione geografica sono esclusivi, la ricerca può essere, cioè, fatta per regioni o province o comuni, eventualmente, questi ultimi, selezionati con il criterio delle “Coordinate”, che definisce i comuni presenti nell’intorno di un punto di date coordinate.
Nell’ambito di un criterio possono essere selezionati più elementi; in questo caso la selezione avviene secondo la logica OR (selezione di tutte le specie esistenti in uno o più degli elementi geografici selezionati).

8.3.4 Ricerca per caratteristiche della specie

La ricerca per caratteristiche della specie può avvenire selezionando più criteri contemporaneamente. In questo caso si segue la logica AND (tutti i criteri devono essere rispettati).
Anche in questo caso, per ciascun criterio è possibile una selezione multipla di elementi (logica OR, nell’ambito di ciascun criterio). Naturalmente, è possibile accorpare il criterio geografico a quello parametrico, sempre seguendo la logica AND. Tra le caratteristiche delle specie può essere selezionato uno o più habitat (OR) da una delle liste disponibili (Natura 2000, EUNIS, Corine Biotope III, Corine Biotope IV, Corine Biotope V).

Visualizzazione specie
Le specie selezionate con i criteri di ricerca precedentemente descritti vengono visualizzate in una schermata come quella mostrata in Figura 8.4.
La visualizzazione avviene a seguito di selezione da una casella combinata (identificata con “Specie” in Figura 8.4), contenente la lista di tutte le specie che obbediscono al criterio di ricerca imposto.
Senza approfondire in questa sede tutte le potenzialità interattive del software, occorre sottolineare come la visualizzazione delle caratteristiche della specie selezionata abilita le seguenti opzioni da menù:

- *Mappa,* abilita la visualizzazione della mappa di diffusione della specie (Figura 8.5), mediante l’utilizzo delle routines MapObiects® 2.1, che simulano un’interfaccia tipo ArcView®.
- *Scheda*, permette la redazione della “Scheda descrittiva della Specie”, in formato pdf stampabile (Figura 8.6).
- *Foto,* mostra, se disponibile, la foto della specie (Figura 8.7).

***Fig. 8.4** - Scheda specie*

Fig. 8.5 - Mappa di diffusione

Interrogazione dell'Atlante degli "Interventi di Ingegneria Naturalistica"
La modalità "Interventi" (schermata principale), permette l'interrogazione delle Schede degli Interventi di Ingegneria naturalistica, eseguiti e/o in progetto.
Tale opzione consente di:

- visualizzare le caratteristiche principale dell'intervento;
- visualizzare la corrispondente scheda in formato pdf;
- selezionare le specie compatibili, in funzione della georeferenziazione dell'intervento e degli Habitat presenti;
- verificare la corrispondenza tra le specie utilizzate e quelle compatibili;
- aprire una Mappa Google® della zona dell'intervento.

La selezione (Figura 8.8) di un singolo intervento dall'Atlante può avvenire sia tramite la casella combinata a tendina (Intervento) o premendo il pulsante mappa.
In questo secondo caso appare la mappa degli interventi (Figura 8.9) su cui "cliccare" per selezionare l'intervento che si vuole analizzare.

ISPRA

SCHEDA DESCRITTIVA SPECIE

Specie	AELUROPUS LAGOPOIDES (L.) Trin.
Sinonimo	
Famiglia	GRAMINACEAE
Classe	SARCOCORNIETEA FRUTICOSAE Br.-Bl. & R. Tx. ex A. de Bolòs y Vayreda 1950
Ordine	
Alleanza	
Associazione	[illegible]

Forma biologica	G rhiz	Corologia	Medit._Turan.
Portamento	PERENNE	Fenologia	Giugno - Luglio

Quota min	0	Quota max	0	Frequenza	raro	Substrato	

Utilizzato per		Già utilizzato	

Normativa		Protezione	

Categoria di rischio (Scoppola)	LR	Lista rossa	
IUCN		Berna	

Natura 2000	Steppe salate mediterranee (Limonietalia) (Prioritario)
Natura 2000 (1)	Praterie e fruticeti mediterranee e termo-atlantici (Sarcocornetea fruticosi)
Natura 2000 (2)	
Altri Natura 2000	

Corine Biotopo III (1)	Suoli cespugliati salati
Corine Biotopo III (2)	
Corine Biotopo III (3)	
Corine Biotopo III (4)	

Corine Biotopo IV (1)	Steppe salate a Limonium
Corine Biotopo IV (2)	
Corine Biotopo IV (3)	

Corine Biotopo V (1)	
Corine Biotopo V (2)	
Corine Biotopo V (3)	

EUNIS (1)	Steppe salife a Limonium sp., del Mediterraneo
EUNIS (2)	

Zone di diffusione	Sic. AND Sic. (Lampedusa)

Habitat	steppe salide mediterranee

Note	

Fig. 8.6 - *Scheda specie in formato pdf*

Fig. 8.7 - *Foto della specie (aeluropus lagopoides)*

Fig. 8.8 - *Schermata interrogazione Atlante degli Interventi*

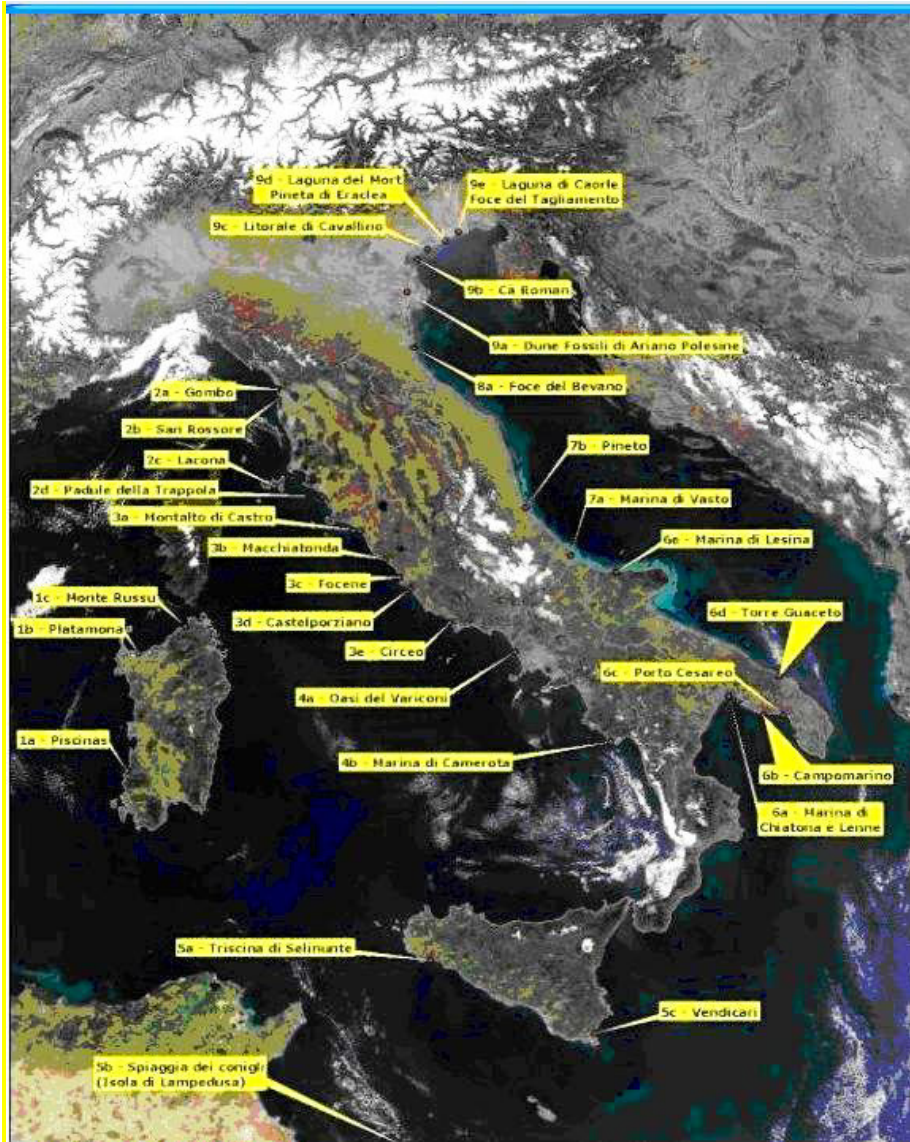



Fig. 8.9 - Mappa degli interventi di ripristino degli ecosistemi marino-costieri censiti da ISPRA (Immagine elaborata da Massimo Paone e Valentina Piacentini)

Conclusioni

La banca dati SARA può essere utilizzata per delineare criteri e linee di indirizzo utili allo sviluppo di una vivaistica di settore che tenga conto della provenienza e della disponibilità (qualità e quantità) degli ecotipi vegetazionali utilizzabili nelle azioni di risanamento.
Inoltre, per differenti tipologie di intervento, fornisce utili suggerimenti per l'utilizzo preferenziale di piante autoctone riferibili alla locale vegetazione naturale potenziale, sulla base documentata della loro efficienza registrata in analoghe esperienze.

Per renderla fruibile ad un pubblico di utenti il più possibile ampio e diversificato e per fornire la possibilità di aggiornamenti continui, sono stati presi in considerazione due scenari principali, per un uso mediante CD-ROM o tramite Internet, sul sito ufficiale di ISPRA (www.isprambiente.it) per i futuri aggiornamenti previsti anche grazie alla collaborazione degli utenti.

Bibliografia

DIPARTIMENTO DIFESA DELLA NATURA–ISPRA, SERVIZIO CARTA DELLA NATURA (2009) - Il progetto carta della natura linee guida per la cartografia e la valutazione degli habitat alla scala 1:50.000 *Manuali e Linee guida 48/2009.*

DIPARTIMENTO DIFESA DELLA NATURA–ISPRA, SERVIZIO CARTA DELLA NATURA (2009) - Gli habitat in carta della natura - schede descrittive degli habitat per la cartografia alla scala 1:50.000. *Manuali e Linee* guida 49/2009.

FIERRO G. (EDS.) (1999) - Atlante delle spiagge italiane. *Cnr-Murst., S.el.ca. editore. pp. 4, 108 tavole.*

FIERRO G. (2000) The atlas of the italian beaches and coastal erosion. in: Popoff M., Morelli J. (Eds.) *Mediterranean integrated coastal area management, Nice, 233-236.*

Siti Internet

www.isprambiente.it

9. SISTEMI DUNALI E TUTELA DELLA ZONA COSTIERA IN PUGLIA

di Francesca Pace, Michele Chieco, Vincenzo Moretti

9.1 Caratteri del sistema costiero regionale

La Puglia è la regione dell'Italia peninsulare con il più grande sviluppo costiero (ca. 865 km), una costa che si presenta molto articolata quanto a tipologia e a sistemi di habitat che la caratterizzano. Il 33% di questa costa è classificabile come sabbiosa, ma una percentuale simile (il 32%) è classificabile come rocciosa, segue il 21% di falesia e circa il 6% di spiaggia sabbiosa al piede di falesia o costa alta; si spiega anche in questo modo la forte pressione antropica, insediativa e di balneazione, sulla costa sabbiosa, pari solo al 33% del totale, in una regione ad alta densità di popolazione ed in cui il comparto turistico assume sempre più rilievo in termini economici e di strategia di sviluppo.
D'altro canto, a rimarcare l'esigenza di tutela di una risorsa non altrimenti replicabile, ben il 75% della costa pugliese è sottoposta a tutela (dati Piano di Tutela delle acque – Regione Puglia - 2005) con forme e modalità differenti, talvolta anche in sovrapposizione fra loro.
Si pensi al sistema delle aree protette (AA.PP.), due parchi nazionali e 18 fra parchi e riserve istituite con legge regionale, di cui ben dodici negli ultimi cinque anni. Le AA.PP. insieme ai siti della Rete Natura 2000, costituiscono il c.d. Sistema per la Conservazione della Natura (Figura 9.1 e www.ecologia.puglia.it link "cartografia").

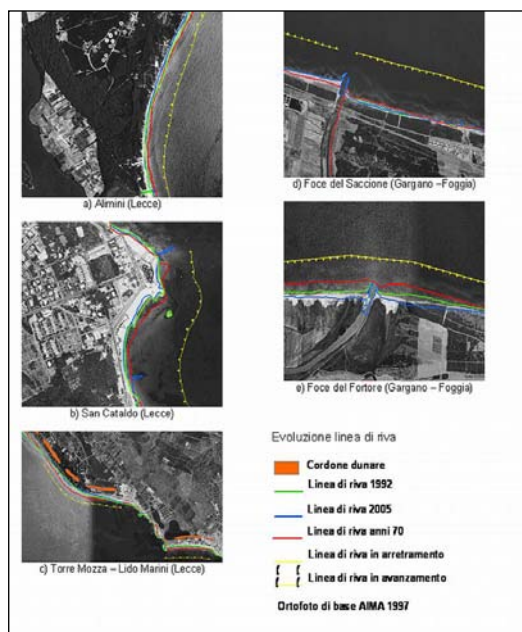



***Fig. 9.1** – Esempi di aree soggette ad erosione costiera (fonte: Piano Regionale delle Coste - Regione Puglia*

www.regione.puglia.it/index.php?at_id=4&te_id=31&page=documenti&opz=getdoc&id=229)

In questo sistema le più estese aree di tutela sono costituite dai due grandi parchi nazionali, Alta Murgia e Gargano, mentre le aree protette regionali interessano superfici minori, anche se certamente non meno significative dal punto di vista della rappresentatività degli ambienti naturali (Parco della Terra delle Gravine, esteso a raggiera, a nord dell'arco jonico, per circa 27.000 ettari in provincia di Taranto) e della urgenza della loro tutela. In particolare proprio per quanto attiene alle zone costiere; nel Salento, dalla costa jonica fino al Capo di Leuca e poi sull'Adriatico, fino ad Otranto e al Bosco di Rauccio, si susseguono Parchi e riserve naturali, istituiti con l'intento di sottrarre ad un uso antropico massiccio lembi di naturalità significativamente presenti e, oggi, di realizzare interventi di gestione attiva. A queste aree deve aggiungersi, e parzialmente sovrapporsi, il sistema dei Siti di Interesse Comunitario e delle Zone di Protezione Speciale, sebbene entrambi finalizzati alla specifica tutela di habitat e specie di interesse comunitario. La Puglia ha una grande ricchezza di biodiversità, il Progetto Bioitaly (1994-1997) ha censito ben 47 tipi di habitat d'interesse comunitario tra cui 12 prioritari per la conservazione; 59 specie di Uccelli nidificanti tra cui ben 9 prioritarie; 13 specie di Mammiferi tra cui 2 prioritarie; dati di recente aggiornati grazie al Progetto "Carta degli Habitat" (2007) realizzato dalla Regione Puglia in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare che, raccogliendo e organizzando le segnalazioni e le conoscenze sulle emergenze naturalistiche della Puglia, ha consentito di verificare la presenza di 54 habitat di cui 12 prioritari, 36 specie di mammiferi di cui 2 prioritarie, 77 specie di uccelli di cui 2 prioritarie, ecc. Tra questi molti interessano ambienti dunali, altri foreste e ambienti steppici.
La complessità del sistema costiero è determinata dalla sua stessa configurazione fisica e dalla natura di ambiente di transizione e si riflette nella complessità delle politiche che vi fanno riferimento; la costa rappresenta infatti il confine giurisdizionale tra leggi specifiche inerenti la terraferma e il mare. Per il Codice Civile le coste fanno parte del demanio pubblico ma spesso ci si chiede quale sia il limite dell'ambiente marino costiero (fin dove arriva? Cosa comprende?) e soprattutto in che modo determinarlo data la sua forte mobilità.
Leggi separate disciplinano materie diverse, come il paesaggio, la conservazione della natura, la pesca, il turismo, la difesa del suolo e ad esse corrispondono forme diverse di pianificazione. Per coordinare questa grande complessità, a livello comunitario è stato introdotto il concetto di "Gestione Integrata delle Zone Costiere" i cui principi sono enunciati in diversi documenti (UE 2000, 2002, 2009) all'interno dei quali, fra l'altro, si legge "*È di fondamentale importanza attuare una gestione delle zone costiere sostenibile (...) per tutelare l'integrità di questa importante risorsa (...) la gestione integrata delle zone costiere richiede azioni strategiche, coordinate e concertate a livello locale e regionale, indirizzate e sostenute da un apposito quadro di riferimento a livello nazionale (...) La Comunità favorisce una gestione integrata su scala più ampia mediante strumenti orizzontali*".
In particolare grande importanza a livello comunitario è data al problema della erosione delle coste. Nel 2001 il Parlamento Europeo ha stanziato 5 M€ per un progetto pilota su questo tema, il progetto "EUrosion", che è stato realizzato dal Gennaio 2002 al Maggio 2004 ed ha prodotto anche raccomandazioni per la programmazione cofinanziata.
Le minacce al sistema costiero sono sotto gli occhi di tutti e vanno dalle variazioni macroclimatiche alla subsidenza, all'inquinamento delle acque di origine civile, industriale ed agricola, dalla erosione al prelievo antropico di sabbia o agli squilibri nel

suo trasporto a mare dalle attività insediative e di trasformazione urbanistica (realizzazione di moli e scogliere artificiali, urbanizzazione e l'edilizia costiera, infrastrutture legate alle attività di balneazione ecc.). Da ultime si aggiungono le minacce legate alla realizzazione di interventi poco adeguati di stabilizzazione delle dune e di piantumazione di specie vegetali, ad esempio in relazione all'introduzione di specie vegetali aliene(Audisio *et al.*, 2002; AA. VV., 2007; Onori, 2009).
In Puglia la situazione risulta abbastanza problematica; una ricognizione in tal senso viene effettuata dal recente Piano Regionale delle Coste che analizza l'evoluzione della linea di costa nel periodo 1970-1992-2005, documentandone la variazione in arretramento in molti casi (Figura 9.2), soprattutto nel Salento (San Cataldo, Alimini, Lido Marini) ma anche nella parte settentrionale del Gargano (Foce Saccione, Foce Fortore) e a Margherita di Savoia, dove la realizzazione di opere di difesa a seguito della forte erosione, ha determinato esiti tutt'altro che positivi.

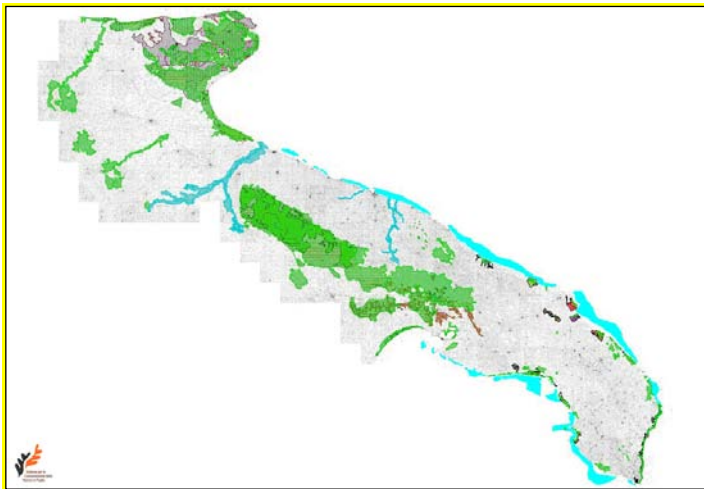



Fig. 9.2 *– Il Sistema per la conservazione della Natura in Puglia*
(Aree Protette e Siti Natura 2000 - fonte: www.ecologia.puglia.it link "cartografia")

Complessivamente i tratti di arenile maggiormente in crisi si estendono per circa il 15-20 % del territorio ma nel complesso più della metà delle spiagge sabbiose subisce ogni anno notevoli fenomeni di arretramento, con una situazione ancora in rapida evoluzione.

9.2 Interventi pubblici in ambiti dunali pugliesi: risorse, tecniche, strategie, prospettive

In Puglia le aree interessate da sistemi dunali, per la loro importanza in ambito ecologico, turistico e di difesa costiera hanno beneficiato di rilevanti risorse economiche destinate alle attività di conservazione e ripristino; nell'ultimo decennio in particolare, nell'ambito dei fondi strutturali comunitari, il POR Puglia 2000-2006 ha destinato fondi per interventi su ambiti dunali attraverso due specifiche azioni denominate:

- Misura 1.4 "Sistemazioni agrarie e idraulico-forestali estensive per la difesa del suolo" - Azione B) Investimenti materiali e immateriali pubblici finalizzati agli imboschimenti protettivi per la difesa e la conservazione del suolo, al miglioramento dell'efficienza dei boschi esistenti ai fini protettivi nelle aree a

rischio idrogeologico ed erosivo, anche costiero per la difesa e la conservazione del suolo in ambito rurale ed al ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica. L'azione disponeva di una dotazione di circa 12 milioni di euro;

- Misura 1.6 "Salvaguardia e Valorizzazione dei beni naturali e ambientali" - Linea d'intervento 1- Implementazione del sistema delle conoscenze di base ai fini dello sviluppo, della pianificazione e della programmazione della rete regionale delle aree naturali protette. Linea d'intervento 2 - Conservazione e recupero del patrimonio naturale regionale. Linea d'intervento 3 – Strutture e infrastrutture finalizzate alla fruizione compatibile e alla conoscenza delle aree naturali protette. La misura disponeva di una dotazione di circa 36 milioni di euro suddivisi fra le diverse linee di intervento.

Un elenco dei principali interventi realizzati con le Misure 1.4 e 1.6 è riportato nelle Tabelle 9.1 e 9. 2.

POR PUGLIA 2000-2006 – MISURA 1.4 - PROGETTO	COMUNE/ENTE PROPONENTE/LOCALITÀ/ SITO NATURA 2000/AP
Lavori di ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica delle dune della marina di Chiatona e della marina di Lenne	*Palagiano - Chiatona/Lenne - SIC Pineta dell'Arco Ionico*
Opere per il ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica del sito "Duna di Campomarino"	*Maruggio*
Intervento finalizzato al ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica	*Massafra - SIC Pinete dell'Arco jonico*
Intervento di ripristino della vegetazione dunale per la difesa e la conservazione del suolo in area costiera a rischio idrogeologico ed erosivo - Dune di Campomarino e Torre Borraco	*Manduria – SIC Torre Colimena*
Investimenti materiali e immateriali finalizzati al ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica (località Batteria Toscano - fiume Galeso - marina di Ginosa	*Ginosa*
Salvaguardia e valorizzazione di tratti costieri interessati da cordoni dunari	*Otranto SIC Alimini*
Salvaguardia e valorizzazione di tratti costieri interessati da cordoni dunari loc. Dune di Frassanito e dune in loc. La Plancia	*Otranto*
Ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica della zona costiera tra Punta Prosciutto e Torre Lapillo	*Porto Cesareo*
Investimenti materiali e immateriali finalizzati al ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica (località Torre Mozza)	*Ugento - Torre Mozza*
Miglioramento boschivo e di protezione dall'erosione idrogeologica ed eolica della pineta di Torre dell'Orso e delle dune del litorale sud della marina di San Foca	*Melendugno*
Modellamento della duna e ripristino della vegetazione dunale lungo la costa del comune di Zapponeta	*Zapponeta*
Interventi di sistemazione idraulico forestale estensivi con tecniche di ingegneria naturalistica per il ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica della preduna del Lago di Varano	*Cagnano Varano*
Interventi di sistemazione idraulico-forestale estensivi con tecniche di ingegneria naturalistica per il ripristino della vegetazione dunale e contro l'erosione eolica della preduna	*Ischitella*

del Lago di Varano	
Ripristino della vegetazione dunale per la difesa dall'erosione eolica (contrada Spedale)	*Poggio Imperiale - Consorzio Bonifica - SIC Duna e lago di Lesina - Foce del Fortore/ ZPS - Parco naz. Gargano*

Tab. 9.1 - *Progetti finanziati in ambiti dunali con il Por Puglia 2000-2006 – misura 1.4*

POR PUGLIA 2000-2006 – MISURA 1.6 - PROGETTO	COMUNE/ENTE PROPONENTE/LOCALITÀ/SITO NATURA 2000/AP
Tutela della biodiversità e valorizzazione del patrimonio ambientale	*Manduria - Sic Torre Colimena -Salina dei Monaci*
Piano d'azione per la tutela ed il recupero dei cordoni dunali con ammofileto e macchia a ginepro coccolone	*Porto Cesareo – Parco Regionale e Area Marina Protetta*
Piano d'azione per la tutela, la conservazione e recupero di habitat prioritari del litorale del Comune di Lecce	*Lecce – Parco Regionale Bosco di Rauccio e Sorgenti Idume*
Prime azioni rivolte alla conservazione degli habitat	*Ostuni - SIC Litorale Brindisino*
Salvaguardia e valorizzazione della zona umida	*Trinitapoli*
Tutela habitat prioritario e mitigazione dei fattori di minaccia del sito	*Taranto - Area Naturale Protetta "Palude La Vela-Mar Piccolo".*
Interventi urgenti di conservazione di habitat prioritari	*Parco Nazionale Gargano/WWF SIC Valloni e Steppe Pedegarganiche e Duna e Lago di Lesina – foce Fortore*

Tab. 9.2 - *Progetti finanziati in ambiti dunali con il POR Puglia 2000-2006 – misura 1.6*

Già dalla enunciazione degli obiettivi delle Misure è evidente la diversità di scopo dei due finanziamenti. La prima è finalizzata alla mitigazione del rischio per le aree costiere derivante dal danneggiamento o smantellamento dei sistemi dunali; la seconda appare più articolata, con un orientamento verso la conservazione, il recupero e la fruizione dei beni naturali e ambientali.
Ai precedenti vanno ad aggiungersi interventi finanziati nell'ambito di progetti comunitari più complessi, che hanno coinvolto sistemi dunali con risultati spesso notevoli (con il Progetto Life Habi-coast sono stati realizzati interventi a Torre Guaceto, con il Progetto Interreg Wetlands I e II è stato, tra l'altro, realizzato un Piano di gestione dei bacini del litorale di Ugento).

9.2.1 Interventi sui sistemi dunali per la difesa del suolo

La circostanza che gran parte degli interventi della misura ricadessero in aree della Rete Natura 2000 ha comportato il loro assoggettamento alla procedura di Valutazione di Incidenza, espletata dall'Ufficio Parchi regionale. Tale procedura, attraverso disposizioni prescrittive, ha consentito di attuare gli interventi con tecniche rispettose delle specie e degli habitat di interesse conservazionistico che caratterizzano gli ambiti dunali. In tutti i siti è stato richiesto l'impiego di materiale di propagazione "autoctono" ai sensi del DLgs n. 386/2003 "*Attuazione della direttiva 1999/105/CE relativa alla commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione*" e l'esecuzione dei lavori al di fuori del periodo riproduttivo dell'avifauna (tra inizio settembre e fine febbraio).
La definizione delle caratteristiche del materiale di propagazione è stata particolarmente curata, oltre che per via prescrittiva, anche e soprattutto attraverso l'interfacciamento con i progettisti. I tecnici sono stati sensibilizzati verso tale aspetto al quale, dato il primario obiettivo di difesa idrogeologica dei progetti commissionati, non era stato dato il dovuto rilievo. Lo stesso vale per la compatibilità degli interventi con la componente fauna degli ecosistemi dunali.
I progetti realizzati attraverso questa azione hanno caratteristiche piuttosto omogenee in tutti i siti di intervento. Sono state realizzate operazioni di restauro strutturale e vegetazionale dei cordoni dunali e azioni di difesa degli stessi dall'azione antropica e degli agenti naturali. Oltre alla chiusura con sabbia di varchi provocati dal passaggio di uomini e mezzi, il ripristino della continuità dei cordoni è stato ottenuto anche favorendo lo sviluppo dei sistemi dunali embrionali attraverso impianti localizzati di vegetazione erbacea e arbustiva che favorissero il deposito di sabbia.
Alcuni interventi hanno consentito di verificare la possibilità di impiego di materiali diversi, ecocompatibili e disponibili in loco, per la ricostituzione ed il modellamento delle dune. Si sono ad esempio utilizzate biomasse vegetali spiaggiate di origine marina (*banquettes*) e sabbia proveniente da locali interventi di ripristino della funzionalità idraulica di foci di impluvi con sbocco a mare. Di questi materiali è stata preventivamente verificata la compatibilità e l'idoneità igienico-sanitaria.
Un elenco sintetico delle principali tipologie di opere realizzate nell'ambito della misura 1.4 è riportato in Tabella 9.3.

MISURA 1.4 - PRINCIPALI TIPOLOGIE DI OPERE REALIZZATE IN AMBITI DUNALI
Rimozione rifiuti
Posa in opera di biostuoie in fibre naturali (iuta e/o cocco) ancorate con paletti di castagno
Chiusura varchi
Prelievo e moltiplicazione di vegetazione dunale autoctona
Raccolta, selezione, preparazione, miscuglio di semi di specie autoctone e idrosemina
Realizzazione di Passerelle in legno
Realizzazione di Staccionate/chiudende
Realizzazione di Graticciate contro i venti dominanti
Restauro vegetazionale di dune embrionali attraverso impianto di gruppi di elementi erbacei e arbustivi
Cure colturali (risarcimento fallanze e irrigazioni)
Bacheche illustrative in legno

Tab. 9.3 *- Principali tipologie di opere realizzate nell'ambito degli interventi finanziati con la misura 1.4 in ambiti dunali.*
Le indicazioni su materiali, opere e modalità esecutive sono, nella quasi totalità dei casi, frutto di interazione tra Ente proponente e strutture tecniche regionali.

Le aree interessate da tali opere hanno estensione estremamente variabile in dipendenza dall'ampiezza delle zone di intervento individuate dai Comuni ed a seconda della criticità delle condizioni di conservazione delle dune. Tali fattori hanno condizionato ovviamente anche il costo di ognuno degli interventi, che è grossomodo compreso in un *range* che va dai 200.000 ai 500.000 €. Il già citato orientamento dell'azione verso la difesa costiera ha comportato una urgenza degli interventi che è stata una delle cause dell'assenza di una adeguata fase di programmazione.

9.2.2 Interventi di conservazione, il recupero e fruizione dei sistemi dunali

Gli obiettivi di conservazione, recupero e fruizione dei beni naturali e ambientali perseguiti attraverso la misura 1.6 hanno consentito di intervenire sugli ecosistemi dunali in maniera più organica, sia con interventi materiali che immateriali.
Le diverse linee di intervento hanno finanziato strumenti di pianificazione e regolamentazione quali i piani di gestione (PdG) dei Siti di Interesse Comunitario, azioni di conservazione e ricostituzione di aree particolarmente vulnerabili, e progetti di messa in rete, informazione e fruizione del patrimonio ambientale della Regione.
In particolare è stata finanziata la redazione di Piani di Gestione di diversi siti Rete Natura 2000, in molti dei quali ricadono ambienti dunali (si veda paragrafo 9.3 e tabella 9.6); sono stati attuati numerosi progetti di conservazione e recupero del patrimonio naturale regionale, alcuni dei quali riguardanti i cordoni dunali e le zone umide; sono stati realizzati interventi di fruizione riguardanti itinerari e reti di sentieri, sportelli informativi, centri visita e didattici,, attraverso il recupero di immobili di rilevanza storica.
Rispetto agli interventi realizzati con la Misura 1.4 precedentemente descritti, le azioni di conservazione e recupero dei sistemi dunali, seppure più ridotte in numero, hanno comportato una maggiore differenziazione delle opere realizzate. Alla complessità ed articolazione degli interventi, dovuta allo specifico orientamento verso obiettivi di conservazione di habitat e specie, si è infatti aggiunta l'integrazione con interventi di fruizione (elenco degli interventi in Tabella 9.3 e tipologie di azioni in Tabella 9.4). Il costo medio per ogni intervento è stato di circa 500.000 €.

MISURA 1.6 - AZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE IN AMBITI DUNALI
Potenziamento del sistema conoscitivo del SIC o dell'Area protetta (piano d'azione, divulgazione, sensibilizzazione ecc.)
Interventi quasi esclusivamente manuali
Delimitazione delle aree con funzione identificativa e/o protettiva mediante l'utilizzo di materiali naturali (staccionate, fascionate)
Percorsi sopraelevati obbligati di attraversamento con pedane in legno e ponticelli per la riduzione del disturbo antropico. Segnaletica e passaggio per disabili
Messa a dimora di gruppi di piante autoctone in ambito dunali con prelievo e selezione in loco del materiale riproduttivo vegetale (talee e miscele di semi)
Cure colturali e aiuti all'attecchimento anche attraverso la stabilizzazione del substrato con biostuoie in fibre naturali
Rimozione di specie erbacee, arbustive ed arboree non autoctone
Espropriazione aree
Estensione degli interventi di miglioramento vegetazionale alla zona retrodunale finalizzato al consolidamento e alla protezione (ginepri, lecci)
Rimozione di rifiuti
Chiusura varchi e regolamentazione accessi

Tab. 9.4 - *Principali tipologie di azioni realizzate nell'ambito degli interventi finanziati con la misura 1.6 in ambiti dunali*

Gli aspetti conservazionistici e quelli relativi alla fruizione sostenibile sono stati imprescindibili anche a causa dell'indirizzo dell'azione, destinata esclusivamente ad Aree Protette e Siti Rete Natura 2000.
Un esempio tra i più significativi è quello realizzato nell'ambito delle Riserve del Litorale Tarantino Orientale (Manduria) che ha consentito la rimozione di una infrastruttura stradale per la salvaguardia di un'area di elevato pregio ambientale. L'importante intervento di demolizione di un tratto di strada tra la salina e il mare ha infatti permesso il ripristino del canale di afflusso delle acque marine all'interno delle saline ed è stato accompagnato da interventi tipici di protezione (recinzione, chiusura dei varchi, graticciate perpendicolari ai venti dominanti ecc.) e restauro vegetazionale delle dune.
Altro esempio significativo è il "*Piano d'azione per la tutela ed il recupero dei cordoni dunali con ammofileto e macchia a ginepro coccolone*", realizzato a Porto Cesareo nel territorio della Riserva naturale regionale della Palude del Conte e Duna costiera che ha previsto il potenziamento del sistema conoscitivo dell'area protetta (studi, rilievi fitosociologici, cartografie, web-gis, ecc.), integrato con l'acquisizione di aree di interesse e la realizzazione di azioni significative su ambiti dunali (delimitazione aree, percorsi di fruizione, ecc.), con particolare attenzione e rigore scientifico nella cura degli aspetti vegetazionali (rimozione specie alloctone e messa a dimora di specie autoctone con selezione e riproduzione in loco del materiale di propagazione, protezione e manutenzione degli interventi).

9.3 Le criticità emerse durante il periodo di programmazione 2000-2006 e l'approccio integrato offerto dai Piani di Gestione

L'esperienza maturata durante lo scorso ciclo di programmazione ha evidenziato come la dimensione, spesso a scala comunale, degli interventi abbia comportato una eccessiva polverizzazione degli stessi e una difficoltà di attuazione di interventi unitari e sistematici. A tale situazione si cerca, ove possibile, di far fronte con l'azione esperita dalle competenti strutture tecniche regionali, che hanno lo scopo di rendere coerenti le azioni e diffondere le buone pratiche attuate in casi specifici. Anche la innovatività degli interventi, a fronte di un quadro normativo e procedurale assai schematico, soprattutto orientato alla verifica di conformità della spesa e commisurato ad interventi e azioni più proprie di lavori pubblici, ha rappresentato una criticità che si è riflessa nella attuazione e, poi, anche nella gestione delle opere realizzate. La carenza di strutture tecniche appropriate negli organici degli enti locali costituisce un ulteriore ostacolo in fase di individuazione e progettazione degli interventi, in fase di manutenzione degli stessi e in fase di sensibilizzazione della popolazione che opera in tali aree o le fruisce.
In ultimo, la provvisorietà dovuta all'incompleta definizione del contesto di riferimento normativo-istituzionale in materia di aree protette. Infatti nel momento in cui questi interventi sono stati proposti e, poi, realizzati, non erano ancora istituite una serie di aree protette pur previste dalla LR 19/97 "*Norme per l'istituzione e la gestione delle aree naturali protette nella Regione Puglia*" (come si diceva ben 12 aree protette sono state istituite negli ultimi cinque anni) o laddove istituite, mancava l'individuazione o l'insediamento degli Enti di Gestione. Oggi numerose di queste aree non hanno ancora redatto i propri strumenti di pianificazione, ma la Regione ha provveduto ad emanare Atti di indirizzo (D.G.R. 3 agosto 2007, n. 1366. "*Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione in Puglia della legge regionale n. 19/1997 e delle leggi istitutive delle aree naturali protette regionali*") per la pianificazione e gestione e Misure di Conservazione per quanto attiene ai siti Rete Natura 2000, oltre ad aver

provveduto direttamente alla redazione dei Piani di gestione per alcune di queste aree.
Si ritiene infatti che approcci "parziali" alla gestione delle aree costiere siano da considerare non risolutivi, quando non addirittura rischiosi.
Un'opportunità per affrontare, invece, in maniera integrata il problema della gestione di tali aree, tenendo in conto aspetti conservazionistici, esigenze di fruizione ed esigenze di difesa dai rischi naturali, è offerta, come già accennato, da strumenti di gestione territoriale quali i Piani di Gestione dei Siti della Rete Natura 2000 e delle AA.PP (Tabella 9.5).

SIC
"Accadia-Deliceto" (IT 9110033)
"Murgia dei Trulli" (IT 9120002)
"Area delle Gravine" (IT 9130007)
"Bosco Difesa Grande" (IT 9120008)
"Litorale Brindisino" (IT 9140002)
"Stagni e saline di Punta della Contessa" (IT9140003)
"Montagna Spaccata e Rupi di San Mauro"(IT9150008)
"Zone umide di Capitanata" (IT9110005), e ZPS "Paludi presso il Golfo di Manfredonia" (IT9110038)
"Valloni e Steppe pedegarganiche" della ZPS "Promontorio del Gargano"
"Monte Cornacchia – Bosco Faeto" (IT9110003)
"Valle Fortore-Lago di Occhito".
"Torre Guaceto e Macchia S. Giovanni" (IT9140005) RNS "Torre Guaceto"
Piano di gestione dei Siti d'Importanza Comunitaria della Provincia di Lecce non compresi in AA.PP.

Tab. 9.5 *- Siti della Rete Natura 2000 dotati di Piani di gestione approvati o adottati a febbraio 2010*

I PdG delle aree a tutela ambientale in Puglia presentano diverse caratteristiche comuni che vanno dalla previsione di integrazione con altri strumenti di gestione alla analisi del contesto ambientale e alla connessione con altri elementi della Rete ecologica. Va infatti rimarcato che anche gli interventi sui sistemi dunali si inseriscono nel più ampio quadro della gestione dei Siti in cui essi ricadono, visti quali elementi centrali per la strutturazione della Rete Ecologica regionale.
Tutti i PdG prevedono valutazioni socio economiche e analisi SWOT, nonché la individuazione di strategie di conservazione e la loro attuazione attraverso interventi complessi ed articolati, gerarchizzati attraverso scale di priorità.
Una strategia comune è rappresentata dalla integrazione fra interventi di conservazione e fruizione che rende i PdG strumento più efficace per siti inseriti in un contesto paesaggistico particolarmente complesso, caratterizzato da ambienti dunari e da zone umide costiere (es. SIC/ZPS "Stagni e Saline di Punta della Contessa", "Litorale brindisino", "Saline di Punta della Contessa"), caso assai frequente in Puglia (Tabella 9.6).

RISERVA NATURALE STATALE / SIC	ENTE REDATTORE DEL PDG
"Litorale brindisino" (IT9140002)	*Ostuni (Capofila), Fasano*
"Stagni e saline di Punta della Contessa" (IT9140003).	*Brindisi*
"Montagna Spaccata e Rupi di San Mauro"(IT9150008).	*Sannicola (Capofila), Galatone*
S.I.C. "Zone umide di Capitanata" (IT9110005), e ZPS "Paludi presso il Golfo di Manfredonia" (IT9110038)	*Trinitapoli (Capofila) Cerignola, Manfredonia, Margherita di Savoia, Zapponeta*
S.I.C. IT9140005 "Torre Guaceto e Macchia S. Giovanni" RNS "Torre Guaceto"	*Consorzio di Gestione (Comune e Provincia di Brindisi, Comune di Carovigno, WWF)*

***Tab. 9.6** - Piani di gestione siti Rete Natura 2000 e aree protette con presenza di ambienti dunali*

La assenza di strumenti di pianificazione e di indirizzi ha rappresentato una delle criticità che si è cercato di superare attraverso una intensa attività di concertazione con gli EE.LL. e con gli attori coinvolti nella realizzazione e gestione degli interventi di tutela.

9.4 La nuova Programmazione Comunitaria

Nell'ambito della nuova programmazione comunitaria, in linea con la strategia e gli orientamenti del Quadro Strategico Nazionale, la valorizzazione delle risorse naturali e culturali assume una valenza strategica funzionale al potenziamento delle filiere produttive, dei servizi e della competitività del territorio regionale.
Gli interventi di conservazione degli ambienti naturali non sono pertanto consentiti se non strettamente funzionali allo sviluppo della attrattività a fini turistici del territorio interessato. La programmazione regionale ha previsto gli interventi inerenti il sistema naturalistico (Aree Protette e Siti Rete Natura 2000) all'interno di una unica Linea di intervento denominata appunto "*Interventi per la rete ecologica*" che, insieme alla tutela, valorizzazione e gestione del patrimonio culturale, alla promozione e valorizzazione dell'economia turistica, allo sviluppo di attività culturali e dello spettacolo, potranno condurre alla "valorizzazione delle risorse per l'attrattività e lo sviluppo".
Pur nutrendo qualche perplessità sulla necessità di una tale finalizzazione, anche in considerazione della assoluta scarsità di risorse ordinarie da destinare allo scopo, è auspicabile che questa indicazione possa invece condurre ad una migliore integrazione degli interventi e possa far ripensare politiche di fruizione e di sviluppo in chiave di tutela e di maggiore rispetto per l'ambiente.
D'altro canto la stessa relazione del PO 2007-2013, nella descrizione della componente Ambiente, fornisce una analisi SWOT in cui a fronte di Punti di Forza quali "*un patrimonio ambientale, naturale e storico-artistico significativo e diffuso su gran parte del territorio regionale*", enuncia Punti di Debolezza non irrilevanti ("*insufficiente sviluppo di economie legate alla valorizzazione delle ingenti risorse naturali, ambientali e culturali ampiamente presenti a livello regionale; la necessità di rafforzare gli interventi integrati per la riqualificazione delle aree urbane, la difesa del suolo, la tutela e gestione delle risorse idriche, nonché la gestione integrata dei rifiuti;permanenza di situazioni di degrado ambientale e di difficoltà nell'attuazione dei sistemi di gestione delle risorse ambientali*"); e soprattutto individua Minacce proprio nella "*espansione delle aree di degrado dovuta ai fenomeni antropici e naturali;*

aumento del carico ambientale a causa dei costi esternalizzati conseguenti alla realizzazione di infrastrutture, in particolare in aree ad elevata sensibilità naturalistico-paesaggistica o di rischio ambientale" (in merito si veda anche Carraro *et al.*, 2007). In tale quadro potrebbero apparire non sufficienti le Opportunità derivanti da "*una crescente attenzione a livello comunitario e nazionale alla salvaguardia e valorizzazione delle risorse naturali ed ambientali*" e dallo "*sviluppo della domanda di turismo legata alla fruizione di beni culturali*".

Conclusioni: strategie e prospettive

L'esperienza maturata dimostra dunque che tecniche e modalità di intervento sugli ambienti dunari sono in fase avanzata di sperimentazione e possono considerarsi maturi, seppure molta attenzione deve sempre essere riposta nello studio e nella analisi degli ambienti in cui si va ad operare, evitando generalizzazioni e studiando in maniera specifica ciascun caso sia per quanto attiene alle cause di degrado che alle possibili evoluzioni.
Molta strada a nostro avviso deve invece essere ancora fatta per quanto attiene alla integrazione delle politiche ed alla attenzione sugli esiti di lungo termine di azioni anche puntuali di trasformazione che coinvolgono il sistema costiero o che hanno effetti su di esso.
A tal fine è necessario consolidare le conoscenze di base sulla gestione e pianificazione del sistema costiero orientandole alle esigenze delle comunità; per far questo è necessario conoscere e allo stesso tempo orientare, attraverso azioni continue di comunicazione, di sensibilizzazione, di partecipazione alle decisioni, la fruizione e l'uso del sistema costiero, dalla balneazione agli insediamenti residenziali e turistici alla pesca, al fine di far acquisire la consapevolezza delle risorse del proprio territorio e di un loro più corretto uso.
Una conoscenza consapevole può consentire di ridurre gli interventi di trasformazione e, ove questi si rendano necessari, può consentire di internalizzare i costi del depauperamento delle risorse costiere.
Tutto questo è possibile semplicemente utilizzando in maniera più rigorosa gli strumenti esistenti, dalle Direttive Comunitarie in materia di tutela ambientale (Direttiva Acque, Direttiva Habitat, Direttiva Uccelli), agli strumenti di Valutazione (Valutazione di Impatto Ambientale e Valutazione Ambientale strategica). La VIA può dare un contributo rilevante in termini di miglioramento della qualità dei progetti, piuttosto che in termini di alternative localizzative, ma soprattutto la VAS è uno strumento assai potente ma, purtroppo, talvolta poco correttamente utilizzato. L'accompagnamento di una procedura di valutazione nella pianificazione e programmazione degli interventi, la rilevazione degli effetti sulle componenti ambientali, la presenza di una costante partecipazione delle comunità e la successiva fase di monitoraggio, possono realmente contribuire ad un più efficace orientamento degli interventi; sono necessarie conoscenze strutturali, sistematizzazione dei dati, trasparenza delle scelte.

Bibliografia

AA. VV (2007) - Atlante delle opere di sistemazione costiera - APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici - Roma, 177 pp.

AUDISIO P., MUSCIO G., PIGNATTI S. e SOLARI M., (2002) - Dune e spiagge sabbiose. Min. Ambiente e Tutela del Territorio, Quaderni Habitat, 4, 160 pp., Ed. Museo Friulano di Storia Naturale - Udine

CARRARO C., CRIMI J., SGOBBI A, (2007) - La valutazione economica degli impatti dei cambiamenti climatici in Italia e delle relative misure di adattamento - Rapporto APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente - CMCC (Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici), 96 pp.

ONORI L. (a cura di) (2009) - Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree protette. ISPRA Rapporto 100/09, 690 pp.

UE (2000) - "Gestione integrata delle zone Costiere: una strategia per l'Europa" - Comunicazione della Commissione al Consiglio ed al Parlamento Europeo (COM/00/547 del 27 settembre 2000).

UE (2002) - "Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa all'attuazione della Gestione integrata delle zone Costiere in Europa" - Adottata dal Consiglio e dal Parlamento Europeo il 30 maggio 2002 (2002/413/CE).

UE (2009) - Protocollo sulla Gestione Integrata delle zone costiere del Mediterraneo (ICAM) Nin adempimento agli obblighi definiti all'articolo 4, paragrafo 3, lettera e), e paragrafo 5, della Convenzione per la protezione dell'ambiente marino e delle regioni costiere del Mediterraneo 1976/1995 - Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 34/19.

10. L'ULTIMA SPIAGGIA PER LE DUNE DI LACONA: IL PROGETTO DI AZIONARIATO POPOLARE PER LA TUTELA DEL BIOTOPO

di Franca Zanichelli, Angelino Carta, Francesco De Pietro

Introduzione

Grazie ad una forte esortazione delle Nazioni Unite, trasformando un lodevole interesse ordinario in una circostanza cruciale, il 2010 è diventato per tutti l'Anno Internazionale della Biodiversità (CBD-UN, 2010). In sostanza, siamo ora invitati ad avviare un serrato confronto sul destino del nostro patrimonio naturale attraverso un'energica sollecitazione ad assumere impegni per favorire la conservazione della natura. Le maggiori conoscenze scientifiche oggi forniscono un contributo determinante per innescare processi di attenzione diffusi. Purtroppo l'ottimismo si infrange quando si entra nel merito delle condizioni di salvaguardia dei biotopi e, anche in presenza di valutazioni tecniche espressive di forte rilevanza conservazionistica, non vi è efficace tutela per numerosi siti fondamentali che versano in condizioni di elevata vulnerabilità.
Sono maggiormente a rischio gli ambienti isolati e residuali, quasi sempre lembi superstiti di paesaggi ormai decaduti che, a dispetto del loro intrinseco valore testimoniale, si trovano in balia di grovigli di norme contraddittorie. Spesso sono abbandonati a loro stessi per una perdita del senso di cura e di appartenenza delle comunità locali, sospinti al declino da amministrazioni profondamente distanti dai compiti di salvaguardia degli interessi collettivi.
Si respira un senso di delusione nell'assistere al progressivo degrado e all'insufficiente percezione sociale dell'essenziale contributo di servizi fornito dagli ecosistemi naturali al mondo economico. Per questo è opportuno superare la posizione di mera denuncia e prendere atto che può essere più positivo investire energie in progetti focalizzati su approcci proattivi, adottando formule idonee di coinvolgimento delle popolazioni locali.
La partecipazione diventa così una risorsa di esperienze imprescindibile per lo sviluppo di processi culturali innovativi. E' altresì vitale accompagnare e sorreggere una comunità in movimento attraverso l'incremento dell'*empowerment* della collettività organizzata per evitare che le situazioni dimostrative esauriscano il potenziale innovativo in tempi molto limitati.
Per un'area protetta che deve dare prova di efficacia nella gestione, diventano così irrinunciabili l'apporto della cittadinanza e l'ascolto attivo quali filtri insostituibili per attivare formule di leadership inclusive, in grado di promuovere la maturazione di scenari e fare emergere utili talenti.
Si tratta pertanto di investire nella costruzione di una comunità di apprendimento. Una *learning organisation* può fare diverse buone cose: incoraggiare l'espansione di pratiche all'insegna dell'ingegnosità, può spendere bene le competenze manuali ed intellettuali disponibili nel gruppo, può favorire la trasversalità di parternariati e infine può incidere nella risoluzione di conflitti perché libera energie dando spazio all'etica che rinforza le capacità decisionali.

10.1 Il biotopo delle dune di Lacona

Il sistema dunale fa parte di un ambito costiero sabbioso situato al centro del Golfo di Lacona posto nel versante Sud occidentale dell'Isola d'Elba. Si presenta come un tratto di spiaggia, di circa 500 metri, molto frequentata in estate, alle cui spalle rimangono lembi di dune vegetate ma in larga parte decapitate dall'inserimento di pinete artificiali e degradate dallo spianamento eseguito per l'utilizzo antropico (Figura 10.1).

Fig. 10.1 - *Panoramica del golfo di Lacona (Isola d'Elba)*
(Foto F. Mezzatesta)

Il biotopo non è attualmente un Sito della Rete Natura 2000 ma la presenza di habitat prioritari potrebbe consentirne la certificazione, ai sensi della Direttiva 92/43 Habitat. In tale accezione, si è avviata una procedura per ottenere l'inclusione di Lacona quale possibile elemento territoriale disgiunto di un sito SIC-ZPS già codificato. La presenza di specie rare e di habitat meritevoli di conservazione conferiscono all'area un'importanza geobotanica fra le più significative dell'Arcipelago toscano (Figura 10.2).

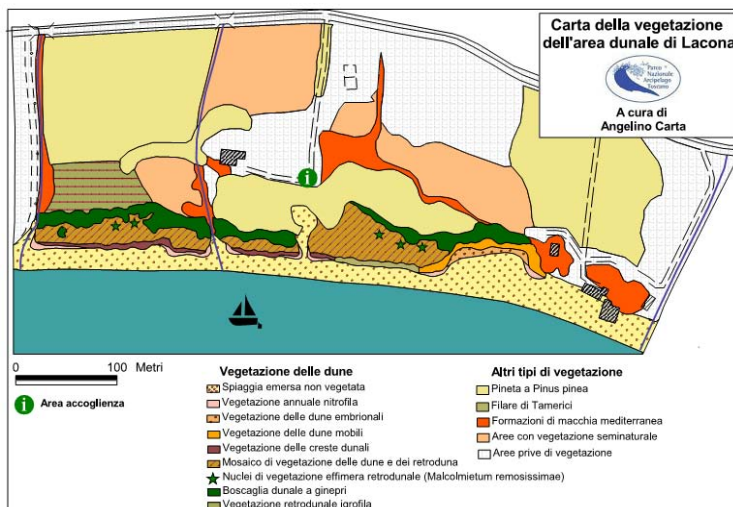



Fig. 10.2 - Lo schema degli habitat della copertura vegetale (Foto A. Carta)

Il luogo è incluso nel perimetro del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano. Il Piano del Parco, definitivamente approvato dal Consiglio Regionale della Toscana nel gennaio 2010 ne definisce la zonizzazione. Le aree meglio conservate di Lacona sono classificate come zona B di tutela naturalistica mentre gran parte ricade in Zona C a vocazione agricola; le porzioni ormai definitivamente occupate da strutture ricettive sono state incluse nella categoria definita De, cioè ambiti in cui valgono le norme dei Piani urbanistici comunali (Figura 10.3).

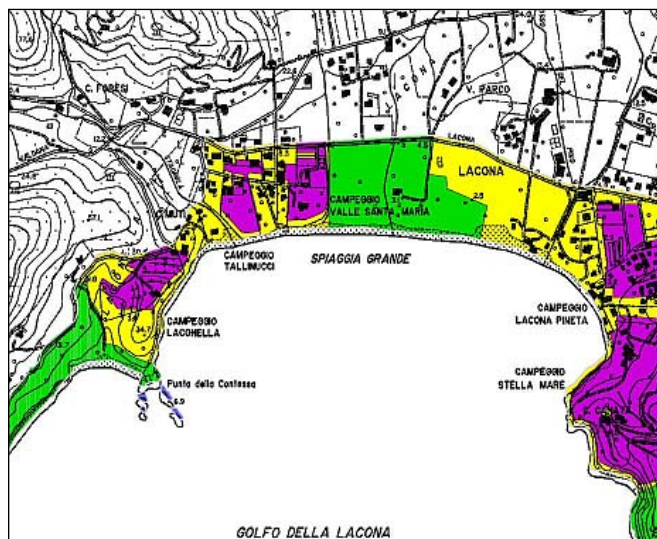



Fig. 10.3 - Zonizzazione del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano: verde, zona B - giallo, zona C - viola, zona De (Cartografia PNAT)

Il territorio è ricompreso nel Comune di Capoliveri.
Dal punto di vista normativo vi è pertanto un elevato livello di tutela, tuttavia questa condizione dichiarata non corrisponde ad una effettiva garanzia di mantenimento della qualità ambientale residuale. Gli ambiti demaniali costieri sono stati in passato venduti ad imprenditori privati e quindi sono stati oggetto di profonde trasformazioni con ripercussioni che permangono in virtù dei diritti di proprietà acquisiti. Tutto l'arenile è stato assegnato in concessione per attrezzature temporanee balneari che talora espandono le strutture estive entro il piede della duna.
Il processo di deterioramento del paesaggio ha subito infine il fenomeno dell'abusivismo, mai sufficientemente arginato. La fase di depauperamento ora è stata rallentata con la presenza delle norme del Parco Nazionale ma la mancanza di una formula di gestione diretta, soprattutto attiva nella quotidianità, vanifica gli esiti della tutela nominale e rischia di deprimere il patrimonio di biodiversità residuale in un processo senza ritorno. Ne sono consapevoli i nuclei ambientalisti e alcuni acuti osservatori locali che vedrebbero positivamente una riqualificazione paesaggistica anche per finalità ecoturistiche. La fascia litoranea è infatti meta di un'affluenza straniera numericamente importante; qui i turisti prediligono l'accoglienza rurale, la formula del campeggio e vi è presenza significativa anche in bassa stagione.
Nel porre l'accento sulla necessità di attivare un recupero del sistema dunale di Lacona trapela tutta la difficoltà per l'Ente Parco di potere concretamente gestire gli impatti che provengono da una fruizione poco controllabile e da una continua esposizione ad attività che comportano gravi manomissioni. Si vuole infine segnalare che potrebbe esservi una positiva coesistenza tra le attività balneari che si sviluppano sull'arenile e le attività ricettive che interessano la fascia costiera.
L'obiettivo da perseguire è pertanto quello di riuscire ad attivare un management del complesso dunale interposto tra spiaggia ed entroterra offrendo come controparte l'opportunità di un'attrattiva per la fruizione turistica. Rafforzando la riqualificazione del settore retrostante la linea di costa, che oggi si presenta come un'area marginale abbandonata a se stessa, si potrebbero anche favorire mutamenti nei comportamenti. Tutta l'area è sottoposta al transito incontrollato dei frequentatori dell'arenile che esercitano un calpestio impattante sulle delicate fitocenosi erbacee, deturpate dall'abbandono di rifiuti negli avvallamenti, ma anche oltraggiate da interventi di sfalcio, in prossimità delle aree forestali più arretrate con lo scopo di ricavarne piazzole ombrose per le ore di canicola estiva.

10.2 L'importanza conservazionistica del sistema dunale

Nonostante la limitata estensione, sul litorale di Lacona sono tuttora presenti lembi più o meno conservati della zonazione psammofila che, dalla riva all'entroterra, comporta il passaggio dalle forme effimere annuali a comunità vegetali più stabili con piante perenni (Vagge & Biondi, 1999; Foggi et al., 2006) (Figura 10.4).

Fig. 10.4 - *Ambiente delle dune in inverno (Foto F. Mezzatesta)*

In particolare si individuano le seguenti fitocenosi, per la cui identificazione ai sensi della Direttiva 92/43/CEE è stato utilizzato il Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat (AA.VV., 2009):

- Vegetazione dei depositi di costa. Attribuibile all'associazione *Salsolo kali-Cakiletum maritimae* che risulta estremamente impoverita nella flora per l'elevato disturbo antropico. Questo tipo di vegetazione è riferibile all'habitat 1210 - VEGETAZIONE ANNUA DELLE LINEE DI DEPOSITO MARINE.
- Vegetazione delle dune mobili litoranee con *Agropyrum junceum*. Sulle dune mobili compaiono le comunità ad Agropiro (*Elymus farctus*) e Santolina delle spiagge (*Otanthus maritimus*) distinte in due sottoassociazioni *Echinophoro spinosae-Elymetum farctii typicum* e *Otanthetosum maritimi.* (Figura 10.5).
-

Fig. 10.5 - *Fioriture della fascia costiera:* Othanthus maritimus *(Foto L. Ghillani)*

Altre specie presenti sono: *Calystegia soldanella*, *Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Lagurus ovatus*, *Matthiola tricuspidata*, *Medicago littoralis*, *Medicago marina*, *Pancratium maritimum*, *Sporolobus pungens*, *Xanthium italicum*. Si tratta di fitocenosi che permettono di identificare l'habitat 2110 - DUNE MOBILI EMBRIONALI.

- Vegetazione suffruticosa delle dune fisse con *Crucianella maritima*. La prima fascia consolidata è occupata da una vegetazione dominata da Crucianella (*Crucianella marittima*) e Vedovina (*Pycnocomon rutifolium*). Si tratta di una comunità di elevato interesse conservazionistico che presenta a Lacona le stazioni più rappresentative di tutto il litorale tirrenico settentrionale. In questa porzione dunale, il crucianelleto si presenta ben strutturato conservando tutta la sua composizione floristica caratteristica. Ciò deve pertanto far riflettere sul carattere di relittualità del biotopo il cui interesse naturalistico è legato alla condizione di rappresentatività della fitocenosi che costituisce l'habitat. Sono presenti, fra le altre: *Anthemis marittima, Calystegia soldanella, Crucianella* maritima, *Cyperus capitatus, Echinophora spinosa*, *Eryngium maritimum*, *Helichrysum italicum*, *Matthiola tricuspidata*, *Pancratium maritimum*, *Pycnocomon rutifolium*, *Senecio cineraria*, *Silene nicaeensis*. Questo tipo di vegetazione è riferibile all'Habitat 2210 - DUNE FISSE DEL LITORALE (CRUCIANELLION MARITIMAE) (Figura 10.6).

Fig.10.6 - *Fioriture della fascia costiera: Cyperus capitatus (Foto L. Ghillani)*

- Macchia di duna a dominanza di *Juniperus macrocarpa* spp. e *Phillyrea angustifolia*. Nel settore occidentale del litorale vi è una maggiore naturalezza del profilo geomorfologico con alternanza di creste dunali e aree depresse. Una di queste depressioni ospita inoltre l'unico residuo di vegetazione retrodunale igrofila caratterizzata dalla presenza del Giunco (*Scirpoides holoschoenus*). La sommità delle dune più interne è occupata da una boscaglia a ginepri (*Juniperus* spp.), fitta e impenetrabile se non fosse per la presenza di tagli procurati per l'apertura di varchi

per raggiungere il mare. Questa formazione presenta notevole sviluppo di biomassa e dal punto di vista fitosociologico è riferibile a *Phillyreo angustifoliae-Juniperetum macrocarpae*. Si tratta di un habitat di interesse prioritario 2250* - DUNE COSTIERE CON *JUNIPERUS* SPP.

- Pratelli effimeri di erbe annue. Questi spazi aperti sono occupati da specie annuali eliofile. Sono ambiti ormai esigui e frammentari ma sono habitat di interesse comunitario. In queste stazioni si può trovare una piccola fitocenosi a dominanza di *Malcolmia ramosissima*. Questa comunità è di particolare importanza in quanto è di fatto unica in tutta la Toscana; la specie guida è rarissima in Toscana, ed in genere in Italia, e in netto declino a causa della rarefazione degli habitat idonei. Il substrato è purtroppo fortemente condizionato dal calpestio indiscriminato delle persone poiché la flora meno selvaggia non ostacola il passaggio. Si tratta di una condizione superstite di una fase pregressa nettamente più umida. Le fitocenosi sono riferibili all'Habitat 2230 - DUNE CON PRATI DEI MALCOLMETALIA.
- Macchia retrodunale a dominanza di *Cistus salvifolius*. Verso l'interno fino alla rete che delimita la porzione a mare della pineta, si può riscontrare un mosaico costituito da aree a macchia densa e radure dove l'eccessiva frequentazione ha dato origine ad ambienti nitrofilo-ruderali. Queste macchie sono riferibili all'Habitat 2260 - DUNE CON VEGETAZIONE DI SCLEROFILLE DEI CISTO-LAVANDULETALIA
- Macchia a dominanza di *Calicotome villosa*. Qua e là vi sono lembi di un'intricata macchia a dominanza di *Calicotome villosa*, che separa la parte attorno al sentiero dalla macchia a *Cistus salvifolius*, formando una sorta di siepe che occulta aree ormai marcatamente antropizzate.

La panoramica sugli aspetti botanici delle dune di Lacona si completa con un cenno alle fioriture che si susseguono nel corso dell'anno: in inverno e all'inizio della primavera è presente lo Zafferanetto (*Romulea rollii*), seguono per tutta la primavera la Violacciocca selvatica (*Matthiola tricuspidata*), l'Erba medica litorale (*Medicago litoralis*) e la Camomilla marina (*Anthemis marittima*). Infine durante l'estate fioriscono il Giglio marino (*Pancratium maritimum*), lo Zigolo delle spiagge (*Cyperus capitatus*) e il Fiordaliso delle spiagge (*Centaurea sphaerocephala*).

10.3 Azioni di tutela attiva e misure di conservazione

Gli habitat nel complesso presentano un cattivo stato di conservazione: l'agropireto è drammaticamente ridotto e discontinuo, manca la fascia ad *Ammophila arenaria*, specie presente solo in sparsi individui sui bordi della macchia dunale, mentre il crucianelleto, vegetazione tipicamente retrodunale, si trova a formare la prima barriera al vento proveniente dal mare.
La condizione di depauperamento è da imputarsi sia alla diminuzione dell'apporto di materiale sabbioso dall'interno, poiché vi è una barriera arborea costituita dalla pineta di impianto artificiale, sia all'erosione costiera. Dal lato mare infatti il processo di arretramento della linea di costa, battuta dalle burrasche invernali, spinge alla pulitura primaverile dell'arenile sempre più a ridosso delle prime fasce di vegetazione (agropireto e ammofileto). Mancando quindi l'effetto di ripascimento naturale operato dall'agropireto e dall'ammofileto non si verifica l'accumulo e non si afferma la prima barriera. La spiaggia arretra verso le dune mobili dove persiste un notevole calpestio. Per ridurre tale impatto è quindi indispensabile contenere l'affluenza lungo percorsi individuati e segnalati. In generale, tutto il sistema necessita di un progetto di riqualificazione che non può prescindere dall'acquisizione in proprietà pubblica delle particelle catastali più significative per avviare un management di tutela e valorizzazione.

Per dar sostanza a questo progetto, alcune persone hanno dato vita al gruppo Amici delle Dune di Lacona (Mezzatesta, 2009). Una decina di soci fondatori hanno sottoscritto davanti ad un notaio la formazione di un comitato di scopo per poter procedere in modo trasparente e legale ad intraprendere una pubblica sottoscrizione per acquisire risorse economiche al fine di acquistare la parte dei terreni demaniali ormai privatizzati e più significativi dal punto di vista conservazionistico (Zanichelli *et al.*, 2010).
L'evidente impossibilità di stabilire un'efficace cura e gestione improntata alla conservazione ha stimolato l'iniziativa di adozione da parte di queste persone della società civile che hanno avviato un progetto collettivo per far ritornare gran parte del biotopo in proprietà pubblica. Il territorio è ripartito in numerose proprietà, in generale i soggetti che hanno acquistato queste pertinenze si sono procurati una fascia di rispetto per poter agire con ampliamenti delle strutture ricettive posizionate nelle adiacenze.
L'inclusione dell'area in ambito tutelato, con la definitiva approvazione del Piano territoriale del Parco, ha comportato una reazione della proprietà che possiede una parte saliente delle dune presenti ed hanno posto in vendita i terreni unitamente ad alcuni immobili, realizzati in passato e che non hanno avuto la resa commerciale sperata.
Il Parco Nazionale pur potendo esercitare il diritto di prelazione in caso di vendita di terreni inclusi nell'area protetta, non ha potuto formulare una proposta d'acquisto per mancanza di risorse. Da questa comunicazione pubblica, è sortita così l'idea di attivarsi per creare un soggetto collettivo con personalità giuridica, con l'obiettivo di organizzare una raccolta fondi per acquisire le aree poste in vendita, destinandole per sempre alle finalità di conservazione della natura e dei luoghi. La formula di azionariato popolare prevede un'acquisizione attraverso un processo di sottoscrizione e pagamento di unità di superficie (Figura 10.7).

Fig .10.7 - *La mappa del territorio e le aree in fase di acquisizione (Foto F. De Pietro)*

Tale percorso confluirà poi in una destinazione d'uso collettivo, per addivenire ad una possibile acquisizione da parte dell'Ente Parco.
L'obiettivo dell'acquisto sostanzia la fase di gestione poiché dovranno essere attuati interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria per impostare la riqualificazione

degli habitat e procedere con il consolidamento del sistema morfologico. Per tale motivo si sta cercando il diretto coinvolgimento dell'amministrazione comunale che dovrà garantire formule di utilizzo delle concessioni esistenti in forma compatibile con il recupero naturalistico della fascia retrostante l'arenile. E' davvero auspicabile che la sollecitazione che proviene dal mondo del volontariato contagi positivamente gli Enti coinvolti per restituire una condizione di naturalità a quest'area.

Fig. 10.8 - *Il simbolo del comitato Amici di Lacona (Foto C. Fiore)*

Il comitato Amici delle Dune di Lacona ha scelto come simbolo il Pancrazio marittimo (Figura 10.8) e sta riscuotendo consensi poiché da subito è riuscito ad organizzare una serie di iniziative simboliche che hanno permesso di sensibilizzare l'opinione pubblica. Tra queste si segnala una traversata invernale a piedi dell'Elba sostenuta dalle associazioni ambientaliste e dall'associazione albergatori che ha visto una partecipazione molto vivace (Figure 10.9 a e 10.9 b).

Figg. 10.9a e 10.9b *- Camminata simbolica da Portoferraio a Lacona per la sensibilizzazione (Foto G. Gentini)*

Nella fase iniziale è propizio rafforzare la visione comune con l'appoggio delle persone che operano e vivono in loco per sviluppare un principio di custodia condiviso soprattutto da coloro che sono insediati con le attività produttive nelle pertinenze e che possono trarre vantaggi economici dall'avere un'area naturalistica ben equipaggiata e ben tenuta. Molti operatori turistici del luogo hanno espresso la loro adesione e il sodalizio innescato lascia intravedere possibili modelli attrattivi complementari per la fruizione estiva in cui il valore dell'ambiente non sia più solo un elemento accessorio ma una condizione espressiva della qualità stessa

dell'accoglienza. Con l'acquisizione pubblica e la piena adozione da parte del Parco, si tratterà quindi di attuare un programma di interventi.

10.4 Il management del sistema e le azioni da compiere

In generale si dovrà operare per salvaguardare le comunità vegetali attraverso attività di cura e di manutenzione con il coinvolgimento diretto del volontariato. Il lavoro manuale sarà accompagnato anche da progetti di riqualificazione con riferimento alle esperienze già praticate in altre aree del litorale toscano. Grazie al network tecnico che si è sviluppato con il progetto LIFE DUNETOSCA che ha visto il Parco Regionale di Migliarino San Rossore come capofila e numerose aree della costa livornese e grossetana coinvolte in azioni di conservazione, ci si propone di trarre vantaggio da tali esperienze per formulare un cronoprogramma di attività concrete.
Sarà necessario intervenire per ridurre i fattori che deprimono lo sviluppo dell'ecosistema dunale. Si dovrà intervenire per favorire il deposito della sabbia tramite interventi leggeri di ingegneria naturalistica e si cercheranno soluzioni idonee per rendere compatibile la fruizione. Potrà essere creato un centro accoglienza che contribuirà alla promozione del luogo con incontri e visite guidate coinvolgendo non solo volontari e appassionati all'educazione ambientale e al turismo sostenibile ma anche giovani biologi e naturalisti per motivi di studio e ricerca. Un primo elenco delle attività che il gruppo "Amici delle dune" prevede di attuare è il seguente:

<u>Sorveglianza e pulizia</u> - Sono necessarie azioni di sorveglianza mediante sopralluoghi a cadenza mensile e azioni di pulizia calendarizzate. Taluni proprietari delle dune, alcuni esercenti, le scolaresche possono essere motivate ad effettuare periodiche giornate di collaborazione. Il Parco Nazionale sostiene iniziative di questo tipo e favorisce il coinvolgimento del volontariato e del mondo della scuola. E' necessario anche aumentare il presidio dei luoghi tramite l'attenzione che le aziende in loco possono esercitare in forme di cooperazione. Vi deve essere un più efficace comunicazione con le forze dell'ordine e le istituzioni per attuare una effettiva sorveglianza nelle ore notturne per reprimere fenomeni di vandalismo e illegalità.

<u>Gestione dell'affluenza della spiaggia</u> - Collocare picchetti con corde per transennare leggermente le aree più delicate dovrebbe favorire la riduzione del calpestio. La messa a dimora di tali delimitazioni dovrà avvenire congiuntamente ad una campagna di sensibilizzazione per attivare forme di rispetto e ridurre la manomissione. Ovviamente va trovato anche un accordo con coloro che effettuano la ripulitura dell'arenile prima della stagione turistica per evitare che siano scalzate le prime creste. A tale proposito potrebbe essere importante posizionare piccoli tratti di 1 metro circa di lunghezza di barriere basse di cannicciato legato per dare un oggettivo segno di delimitazione.

<u>Educazione ambientale</u> - Occorre sostenere tutta la stagione primaverile ed estiva con attività di comunicazione sull'importanza delle dune. Favorendo la periodica pulizia si deve creare un deterrente per l'abbandono di rifiuti. Con la collaborazione delle aziende locali va rafforzata la rete di raccolta anche in corrispondenza dei parcheggi retrostanti. L'obiettivo dell'acquisto dei terreni viene esteso alla opportunità di acquisire anche un modesto manufatto, oggi destinato a piccolo bazar per la vendita di souvenir, che potrebbe essere destinato a centro visita. Sarebbe auspicabile che all'interno di tale edificio venisse realizzato un allestimento espressivo del valore delle dune e che venissero coinvolti giovani studenti in grado di effettuare attività di

tirocinio in collaborazione con i volontari per svolgere un'importante azione di comunicazione verso i fruitori.

Operazioni di miglioramento ambientale - Dobbiamo distinguere le attività che possono essere svolte da volontari organizzati e guidati da interventi di maggiore rilevanza attuati dagli Enti.Tra le esperienze di restauro ambientale attuate da aree protette vi è la messa a dimora di griglie, paletti e fascine per interventi di stabilizzazione dei depositi di sabbia e delle dune. Si tratterà inoltre di provvedere alla recinzione sperimentale di alcune aree per registrare la crescita delle dune embrionali. Si potrà inoltre procedere alla raccolta dei semi (Bacchetta *et al.,* 2006) e alla propagazione del materiale vegetale anche grazie alla collaborazione con l'Orto botanico di Pisa (Bedini *et al.*, 2005) che è disponibile a conservare il germoplasma. Saranno necessarie risorse per affiancare al volontariato la collaborazione di tecnici esperti nelle attività di propagazione. Questa azione sarà opportuna soprattutto per le specie che costituiscono gli habitat di interesse conservazionistico. In particolare, per *Juniperus* si potrà fare riferimento alle esperienze già realizzate in Sardegna (Bacchetta *et al.*, 2008), inoltre si dovrà aumentare la presenza di *Ammophila littoralis,* rarissima a Lacona e determinante per le dune. Un trattamento di protezione specifico dovrebbe infine essere condotto per preservare l'importante stazione di *Malcolmia* per evitare il dannoso calpestio. Si può procedere anche alla raccolta di semi di alcune specie, come per *Pancratium maritimum,* il quale può essere rimesso a dimora laddove si volessero effettuare rinfoltimenti. Infine, a seguito dell'acquisto si dovrà procedere a diradare la pineta retrodunale contenendo le aree ricreative attraverso una selezione delle pertinenze meno interessanti sotto il profilo botanico.

Bibliografia

AA. VV. (2009) – Manuale italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. *Società Botanica Italiana, Ministero dell'Ambiente.* http://vnr.unipg.it/habitat/index.jsp

BACCHETTA G., FENU G., MATTANA E., PIOTTO B., VIREVAIRE M. (Eds.) (2006) – Manuale per la raccolta, studio, conservazione e gestione ex situ del germoplasma. *APAT, Dipartimento Difesa della Natura, Servizio Parchi e risorse naturali, Roma.*

BACCHETTA G., FENU G., MATTANA E., MULÈ P. (2008) – Monitoraggio e conservazione delle formazioni costiere a Juniperus sp. pl. della Sardegna. *Atti simposio CNR su monitoraggio mediterraneo.*

BEDINI G., ROSSI G., BONOMI C. (2005) – RIBES, la rete italiana di banche del germoplasma per la conservazione *Ex Situ* della flora spontanea. *Inf. Bot. Ital.,* ***37*** *(parte A): 114-115.*

CBD – UN (2010) – http://www.cbd.int/2010/welcome

FOGGI B., CARTEI L., PIGNOTTI L., SIGNORINI M.A., VICIANI D., DELL´OLMO L., MENICAGLI E. (2006) – Il paesaggio vegetale dell'isola d'Elba (Arcipelago Toscano). *Studio di fitosociologica e cartografico. Fitosociologia* ***43(1)*** *– Suppl. 1: 3-95.*

MEZZATESTA F. (2009) – Salviamo le dune di Lacona. *Abitare all'Elba. Anno 2 n. 1: 10-21*

VAGGE I., BIONDI E. (1999) – La vegetazione delle coste sabbiose del Tirreno settentrionale italiano. *Fitosociologia,* ***36(2)***: *61-95.*

ZANICHELLI F., CARTA A., DI PIETRO F. (2010) – Le dune di Lacona: piccoli gesti per arrestare la perdita di biodiversità. *ARPAT news 004-10.*

11. Il Progetto LIFE "Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale: dalle azioni locali alla proposta un network per la conservazione delle dune in Italia"

di Antonio Perfetti

Introduzione

Le dune nella Toscana continentale presentano attualmente uno sviluppo di circa 150 Km^2 (Pranzini et al. in prep.) comprendendo le paleodune che ancora mantengono le caratteristiche morfologiche dunali. La costa della Toscana settentrionale, posta tra il F. Magra e Livorno, è formata da un esteso sistema dunale di 100 Km^2 formatosi tramite l'apporto sedimentario fornito dal sistema Arno-Serchio-Magra. Esso è sviluppato per 62 Km in senso nord-sud e si spinge fino a 5,8 Km verso l'interno (San Rossore). Il Parco Regionale MSRM, nonostante le perdite dovute alle trasformazioni del territorio attraverso cui molte dune sono state nel tempo forestate, spianate e utilizzate per scopi agricoli, infrastrutturali, insediativi e balneari; con i suoi 31 Km di costa e circa 23 Km^2 di habitat dunali naturali aperti, costituisce in effetti il più esteso sistema dunale della Toscana e uno dei maggiori a livello italiano quanto ad estensione di corpi dunali.
Pressoché tutte le dune rimaste nella Toscana settentrionale sono oggi parte della Rete Natura 2000 attraverso la designazione di due Siti d'Importanza Comunitari e fanno inoltre parte del Parco Regionale MSRM. La designazione come siti Natura 2000 comporta l'obbligo di conservare gli habitat e le specie importanti a livello comunitario. Inoltre, quattro habitat dei 15 d'importanza comunitari presenti nelle aree del Progetto LIFE, sono definiti "prioritari" nella Direttiva Habitat 92/43/CEE. Questi sono le Dune costiere con *Juniperus* spp. (cod. Nat. 2000: 2250), le con formazioni arboree a dominanza di *P. pinea* e/o *P. pinaster* (cod. Nat. 2000: 2270) e, nelle aree interdunali e/o zone umide interne, le *Paludi calcaree con C. mariscus e specie del C. davallianae* (cod. Nat. 2000: 7210) e le Foreste alluvionali di *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (*Alno - Padion, Alnion incanae, Salicion albae*) (cod. Nat. 2000: 91E0). Gli habitat 7210 e 2250 sono stati oggetto diretto degli interventi. Inoltre, specie importanti per la conservazione della biodiversità di questi ecosistemi costieri sono ad esempio la specie vegetale endemica dei litorali della Toscana settentrionale *Centaurea paniculata* ssp. *subciliata* e nelle zone umide la *Nymphaea alba* entrambe protette dalla legge regionale sulla biodiversità (L.R. 56/2000). Inoltre, presenti negli allegati II e IV della Direttiva Habitat, vi sono tra le altre il tritone crestato (*Triturus cristatus*), la testuggine d'acqua (*Emys orbicularis*), il ferro di cavallo maggiore (*Rhinolophus ferrumequinum*) e il vespertilio smarginato (*Myotis emarginatus*). Ed infine, all'interno dell'allegato I della Direttiva Uccelli (79/409/CEE), vi sono tra gli altri la calandrella *Calandrella brachydactyla*, il fratino (*Charadrius alexandrinus*), la moretta tabaccata (*Aythya nyroca*) (specie prioritaria) e la *Pluvialis apricaria*.

11.1 Minacce alle dune e criteri gestionali

Le dune del Parco Regionale MSRM hanno sofferto nel tempo di problemi condivisi con le diverse aree costiere planiziali disseminate in Europa. Lo sviluppo delle infrastrutture stradali, l'erosione costiera, le operazioni di sminamento, l'agricoltura,

l'urbanizzazione, la forestazione principalmente con impianti monospecifici di *Pinus pinea* e *Pinus pinaster*, i siti militari, l'uso balneare e le specie invasive le hanno in pratica ridotte e degradate notevolmente. Ma proprio la pressione turistica e speculativa fuori controllo nelle aree costiere ha in effetti prodotto una delle principali spinte alla istituzione nel 1979 del Parco Regionale MSRM e, conseguentemente, alla realizzazione di un primo sistema di pianificazione territoriale sovraordinato (Piano del Parco: delibera del Consiglio Regionale della Toscana n° 515 del 12.Dic.1989) che dichiarasse prioritario l'interesse pubblico nella preservazione dello stato naturale delle aree dunali. In esso tra l'altro è prevista la mancanza totale di infrastrutture per circa 16 dei 31 Km complessivi delle coste sabbiose del Parco. Sono così state bloccate le spinte di consumo del territorio in atto i quel periodo.
Da allora è iniziata una battaglia culturale che il Parco conduce con i privati, i comuni (spesso proprietari o gestori del demanio), le associazioni ambientaliste, i conduttori degli stabilimenti balneari e le autorità militari per migliorare e ampliare la base di consenso di un'ottica condivisa che porti a risultati tangibili di conservazione della biodiversità con al contempo il mantenimento di attività del tempo libero in forma sostenibile.

11.2 Il Progetto LIFE Conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale

A partire dal 2002, l'Ente Parco Regionale MSRM realizza la necessità di una strategia più ampia per gli ambienti costieri rispetto alla visione di pianificazione, vigilanza, promozione e ricerca fino ad allora primariamente perseguita. Questo con il fine di raggiungere l'obiettivo di conservazione della biodiversità, delle risorse e dei servizi degli ecosistemi costieri con maggiore efficacia. La ricognizione, attraverso uno studio propedeutico, dei molteplici fattori di minaccia degli ecosistemi costieri porta così alla formulazione di un progetto composto da numerose azioni concrete di restauro ecologico, di gestione, di comunicazione ambientale e di monitoraggio scientifico. Il progetto, presentato alla Commissione Europea nell'ambito del programma finanziario LIFE Natura, viene approvato e inizia la sua fase operativa nell'ottobre 2005 per terminare nel settembre 2009. Il costo del progetto è stato di oltre 1.300.000 € ed è stato cofinanziato dall'UE, dalla Regione Toscana, dall'Ente Parco regionale MSRM, dalla Provincia di Pisa e dal Comune di San Guliano Terme.
Le azioni avevano l'obiettivo di:

- ampliare e migliorare la qualità degli habitat dunali e dulciacquicoli d'interesse comunitario che soffrivano dei diversi fattori di minaccia sopraddetti;
- ripristinare i sistemi dunali precedentemente degradati;
- restaurare zone umide retrodunali ed interne;
- mantenimenere condizioni ambientali idonee alla conservazione di importanti popolazioni di *R. ferrumequinum* e *M. emarginatus*;
- mantenere e migliorare a medio termine i risultati raggiunti negli anni successivi al progetto;

il tutto attraverso le seguenti azioni:

- eliminazione delle cenosi della esotica invasiva *Amorpha fruticosa* nelle zone umide retrodunali attraverso la rimozione diretta dei corpi vegetativi fino ai primi 50 -100 cm di fondale e successivi trattamenti chimici dei ricacci;
- eliminazione delle cenosi della esotica invasiva *Yucca gloriosa* nelle aree xeriche retrodunali attraverso la rimozione dei corpi vegetativi fino a 50 cm sotto il piano di campagna e successivi trattamenti chimici dei ricacci;

- mantenimento del 20% dei sentieri di accesso della spiaggia su circa 7 Km di costa con costruzione di 19 sentieri in legno che attraversano la fascia dunale con pedane a terra e/o staccionate ai lati;
- chiusura dell'80% dei sentieri principali attraverso staccionate, restauro zone umide, fascinate, riporti di sabbia e impianto di specie psammofile;
- messa a dimora di circa 2.000 piante coltivate in un apposito vivaio di piante psammofile realizzato nell'ambito del progetto;
- l'eliminazione delle cenosi di *Amorpha* inoltre ha portato al restauro di zone umide retrodunali in cui è stata realizzata una ricostruzione morfologia paesaggisticamente adeguata lasciando ampie isole naturali ed evitando ampie aree di scavo ininterrotto.

Questo al fine di lasciare un mosaico *source-sink* di metapopolazioni delle specie vegetali e animali acquatiche in grado di ricolonizzare gli habitat restaurati.
Due zone umide interne bonificate poste a San Rossore sono state restaurate aumentando la profondità del piano di campagna e, in un caso, innalzando la soglia di uscita del canale emissario della vecchia bonifica per mantenere l'acqua dolce e evitare al contempo l'ingresso in caso di piena di acqua inquinata e salata del canale di scolo posto a valle.
Le colonie riproduttive di chirotteri *R. ferrumequinum* e *M. emarginatus* sono state salvaguardate a medio termine ristrutturando durante un inverno il tetto che rischiava il crollo per infiltrazione d'acqua. Successivamente poi la colonia è stata dotata di un sistema di monitoraggio elettronico dei parametri ambientali principali e delle variabili comportamentali delle centinaia di individui riproduttivi presenti
Le colonie svernanti di *R. ferrumequinum* sono state monitorate per verificarne la distribuzione al di fuori del parco ed eventuali ulteriori minacce della popolazione oggetto di tutela. E' stata inoltre modificata una struttura esistente per creare le condizioni microstazionali atte a favorire lo svernamento nell'area protetta
Una campagna di comunicazione ambientale ha affiancato le altre azioni con l'uso di forme di comunicazione diretta ed indiretta (riunioni, seminari, convegni, attività di volontariato, articoli, cartelli, pieghevoli, ecc.)
Infine, un piano di conservazione post-Life composto da piani d'azione per le zone umide e per le aree dunali, linee guida per la pulizia delle spiagge e criteri per la gestione delle popolazioni di chirotteri per mantenere ed incrementare i risultati ottenuti, potenziando inoltre il meccanismo di partecipazione attiva con i gruppi di interesse sviluppatosi durante il progetto.

11.3 Risultati del Progetto e discussione

Il progetto ha raggiunto quindi i seguenti risultati:

- diminuzione del sovracalpestio su circa 80 ha di ambienti dunali aperti con la chiusura dell'80% dei sentieri principali causati dal passaggio disordinato attraverso le dune;
- eliminazione delle cenosi dell'esotica *Yucca gloriosa* ormai dominanti diffusi in 80 ha circa di aree dunali;
- eliminazione dei circa 6 ha di *Amorpha fruticosa* diffusi nelle zone umide retrodunali;
- ricostruzione diretta di aree dunali precedentemente distrutte e ripristino di circa 7,2 ha di zone umide costiere precedentemente bonificate aumentandone inoltre la permanenza annuale di acqua dolce al fine di contrastare localmente la perdita di zone umide più costiere dovuta alla forte erosione e l'intrusione del cuneo salino;
- conservazione a medio termine di condizioni ambientali adeguate per i siti di

riproduzione e svernamento per le due popolazioni di chirotteri di *M. emarginatus* e di *R. ferrumequinum*;

- monitoraggio scientifico delle variabili chiave: idrogeologiche, botaniche, zoologiche e socioambientali;
- avvio di una strategia comunicativa per promuovere la conoscenza, la condivisione degli obiettivi di conservazione degli ecosistemi naturali costieri sia attraverso meccanismi di partecipazione diretta che indiretta (oltre 30.000 pieghevoli e 138 cartelli ecc.);
- redazione ed approvazione da parte dell'Ente Parco MSRM di un piano di conservazione post-life per promuovere una visione di medio temine che impegni gruppi d'interesse e politici verso la responsabilità attiva nella conservazione della natura.

In termini di qualità degli habitat, la diffusione delle specie esotiche e le forestazioni del passato hanno accelerato la successione seriale producendo un incremento della copertura della vegetazione con un trend verso la foresta e la copertura arbustiva a detrimento in particolare delle dune fisse e delle zone umide retrodunali. Questi cambiamenti portano ad un decremento della diversità specifica e ad una modifica del tipo di suolo con incremento della sostanza organica. Senza interventi di restauro ecologico questo processo avrebbe messo sempre più a rischio l'esistenza degli habitat prioritari sia delle dune che delle aree umide retrodunali. Inoltre gli effetti delle operazioni forestali, della diffusione delle specie esotiche, del sovracalpestio e, nelle aree limitrofe a quelle di progetto, dell'erosione costiera, aumentano la frammentazione degli spazi naturali incrementando il tasso di vulnerabilità di molte popolazioni. Ed in effetti, piccole aree frammentate sono molto più difficili da preservare in buono stato di conservazione di grandi aree naturali.
Aver ampliato le condizione per la diffusione degli habitat d'interesse comunitario anche prioritari di cui ai cod. nat. 2000 7210 e 2250 e delle specie come il fratino, la calandrella, il vespertilio smarginato ed il ferro di cavallo maggiore è stato quindi quanto ricercato dalle azioni di progetto e segnalato dagli indicatori di monitoraggio. Quest'ultimi tuttavia, non possono essere presi come significativi singolarmente da un punto di vista strettamente quantitativo, a causa della durata minima del progetto rispetto ai processi ecologici misurati (diffusione di popolazioni di specie erbacee e arbustive poliennali, modifica degli areali di popolazioni di vertebrati ecc.). Per questo è quindi previsto nel piano di conservazione post-LIFE il proseguo dei monitoraggi.
Pur con i successi del progetto LIFE Dunetosca, le aree dunali oggetto dell'intervento sono disposte in un'area caratterizzata almeno in parte da una notevole frequentazione umana e il progetto avrà un successo duraturo se sarà in grado di comprendere tale complessità in un unico quadro ecologico e gestionale.
La tendenza all'incremento dell'uso ricreativo delle aree costiere porta infatti a pressioni importanti in termini di consumo del territorio legato ad infrastrutture, barriere alla circolazione del sedimento, inquinamento acustico e luminoso, degrado delle aree dunali dovuto ai mezzi meccanici di pulizia e vigilanza, che incidono sui processi naturali e sul buono stato di conservazione di habitat e specie.
Va considerato inoltre che la comprensione della popolazione dei servizi degli ecosistemi costieri e dei processi naturali dunali, dell'erosione costiera, delle zone umide, delle specie selvatiche e delle necessità gestionali è generalmente scarsa. Spesso le operazioni di restauro ecologico hanno comportato imponenti mezzi di lavoro e enormi cambiamenti di paesaggio e questo ha generato conflitti tra i gestori dell'area protetta ed i cittadini. La soluzione di questi conflitti ha comportato quindi l'impiego di ingenti risorse diventate non impiegabili per azioni di conservazione.

11.4 Questioni rimaste sul campo

Fenomeni pur importanti non affrontati dal progetto nelle aree in questione sono l'erosione localmente innescata da strutture fisse a monte della corrente dominante (dighe a mare); la subsidenza dei suoli; l'avanzamento del cuneo salino aggravato dalle opere di forestazione in aree dunali erbacee, dalle canalizzazioni di drenaggio della piana pisana e dalle depressioni piezometriche legate al sovrasfruttamento della falda.
Rimangono inoltre aperte questioni metodologiche generali sugli standard di monitoraggio ecologici per la valutazione dello stato di conservazione degli habitat dunali ed i criteri di progettazione razionali per le operazioni di restauro ecologico (vedi p.e. il PROMME-concept in van Duinen et al. 2006) a cui il progetto, sia durante che nel Piano post LIFE, ha cercato di rispondere valutando il set di indicatori di monitoraggio messi in atto e le opzioni tecniche note (Perfetti 2009). Per esempio, entrando in maniera sempre più approfondita su questioni inerenti i processi ecologici chiave, le attività di conservazione (che in gran parte riguardano la gestione della pressione umana), si ampliano a veri e propri processi di restauro ecologico dove ad esempio l'eliminazione di una specie esotica non si ferma all'aspetto di copertura vegetale, ma arriva anche a progettare ed eliminare la componente ipogea delle piante per eliminare i processi di eutrofizzazione che altererebbero comunque la composizione specifica delle piante in favore di quelle legate ad ambienti più produttivi e/o tipi ci di stadi seriali avanzati o antropofili (vedi p.e. le raccomandazioni in AA.VV. 2003 sullla eliminazione di piantagioni arboree in ambito dunale).
Va sottolineato infine che, durante il periodo di attività del progetto, le numerose attività sono riuscite ad innescare un dibattito culturale che via via si è esteso a tutte le componenti interessate: politici, ambientalisti, fruitori delle spiagge, operatori della pulizia delle spiagge e gestori delle spiagge attrezzate. Infatti, avere realizzato opere di restauro ecologico mostrando alla popolazione che è possibile raggiungere risultati in termini di conservazione della natura anche in aree di grande frequentazione umana ha prodotto una sempre maggiore collaborazione che presumibilmente, potrà portare a risultati maggiori di quelli diretti del progetto stesso perché derivanti da un impegno o una volontà che si allarga a strati sempre più ampi della popolazione.

11.5 Verso una strategia condivisa e La Carta di San Rossore

Essendo limitato il tempo del progetto ma continua invece la necessità di gestione in aree dove l'impatto antropico è pressante e continuo, l'impegno dell'Ente Parco Regionale MSRM come già detto si è concluso a livello locale con l'approvazione di un Piano di conservazione post-LIFE (Perfetti 2009). Esso mette assieme tutte le criticità affrontate dal progetto in uno sforzo teso a rendere più stabili i risultati attraverso un meccanismo permanente di partecipazione attiva su tutte le operazioni di gestione, monitoraggio e comunicazione di cui è composto il Piano. Il Piano sarà attuato ogni anno con progetti operativi che terranno di conto dei monitoraggi, della disponibilità di risorse umane, finanziarie e delle nuove conoscenze fin lì maturate.
A livello generale inoltre, la presa d'atto che le azioni di conservazione delle aree costiere non possono essere costituite da attività svincolate le une dalle altre, ha portato ad allargare la stessa strategia seguita a livello locale attraverso la proposta di un network nazionale sugli ambienti dunali e costieri planiziali naturali fatta in numerosi incontri tecnici. L'idea è quella di avere una forma di connessione che renda facile la condivisione delle informazioni, delle migliori pratiche, dei documenti ed in generale di tutte quelle risorse utili ad avere una base di visione comune tra tutti i soggetti che lavorano sugli ambienti costieri (geomorfologi, ecologi, conservazionisti,

idrogeologi, zoologi, botanici, ingegneri, decisori politici, cittadini ecc.). Questa idea, lanciata a Venezia nel Convegno *I progetti LIFE natura nella gestione degli ecosistemi dunali italiani* (2006) organizzato dalla Regione Veneto, è stata ripresa il 12 Dic. 2008 a San Rossore nel convegno organizzato dall'Ente Parco regionale MSRM *La conservazione delle dune costiere: esperienze italiane ed europee a confronto* dove i partecipanti hanno promosso ufficialmente la creazione del network italiano per la conservazione delle dune attraverso un documento fondativo denominato la *Carta di San Rossore* (scaricabile nelle pagine del progetto LIFE riguardanti il convegno sul sito www.parcosanrossore.org). In questo documento si evidenziano i valori comuni e le necessità operative utili a potenziare le azioni di conservazione utilizzando il network sulle dune. Strumento che intende lavorare in interconnessione con altre organizzazioni operanti in modo analogo in altri paesi.

Fig. 11.1 - Il rapporto del Progetto Life Dune Tosca (A. Perfetti)

Bibliografia

AA.VV. (2003) - Restoration of dune habitats along the danish west coast. *International workshop September 8-11 2003. Report.* (www.fire.uni-freiburg.de/programmes/natcon/Denmark%20Workshop%20Report%202003.pdf)

PERFETTI A. (a cura di) (2009, in stampa). La conservazione degli ecosistemi costieri della Toscana settentrionale: progetto LIFE 2005-2009. Ente Parco Migliarino San Rossore Massaciuccoli, Pisa. (scaricabile dalle pagine web dedicate al progetto in www.parcosanrossore.org)

PERFETTI A., L. LOMBARDI, F. LOGLI, S. CAVALLI. (2008) - Il controllo delle specie esotiche *Amorpha fruticosa Yucca gloriosa* per il restauro ecologico degli ecosistemi costieri della Toscana Settentrionale. In Cantieri della Biodiversità 3° Workshop: La sfida delle invasioni biologiche: come rispondere? *Raccolta degli Abstract: 52 pp., Provincia di Siena e ISPRA.* (scaricabile su www.riservenaturali.provincia.siena.it/cantieribiodiversita/Workshopprecedenti.htm)

VAN DUINEN Gert-Jan, Emiel BROUWER, Marijn NIJSSEN & Hans ESSELINK (Eds.) (2006) - Dissemination of ecological knowledge and practical experiences sound planning and management in raised bogs and sea dunes. *Report of the second workshop 22-26 August 2005. University Nijmegen, Department of Animal Ecology. (www.barger.science.ru.nl/life/)*

12. INGEGNERIA NATURALISTICA APPLICATA ALLA DIFESA DELLE COSTE SABBIOSE

di Giuliano Sauli, Paolo Cornelini

Premessa

I metodi dell'Ingegneria Naturalistica sono applicabili alle sistemazioni in ambiti costieri sabbiosi con problemi di erosione. Valgono le classiche definizioni e principi base dell'Ingegneria Naturalistica (IN) che prevedono, come noto, l'impiego delle piante vive autoctone quale materiale da costruzione, in abbinamento con altri materiali.
Nella realtà italiana e mediterranea in genere si possono distinguere due principali condizioni di intervento:
• morfologie dunali e coste sabbiose in genere,
• morfologie lagunari su suoli limosi in acque interne salmastre (barene e canali lagunari e perilagunari).
Le due morfologie sono spesso abbinate, con il sistema di lagune chiuso verso mare dai cordoni dunali, tipico ad esempio lungo le coste veneto – friulane.
Le problematiche che richiedono interventi di sistemazione sono qui legate al complesso sistema di utilizzo e gestione sia degli ambiti lagunari salmastri che di quelli dunali costieri. Tali attività si possono riassumere in alcune più frequenti tipologie:
• ripascimento dei cordoni dunali in erosione a fini della balneazione e della contemporanea difesa costiera;
• dragaggi di canali lagunari a fini di transito nautico e ricircolo delle acque in funzione delle acquacolture;
• conseguente necessità di collocare ingenti cubature di fanghi lagunari (previa loro caratterizzazione) e opportunità di ricostruzione di "barene" cioè isolotti a pelo d'acqua tipici delle morfologie lagunari veneto – friulane, ricchi di specie alofile e particolari habitat faunistici. Vanno invece evitate le "casse di colmata" più convenienti in termini di cubature ma che creano ambienti artificiali e banalizzati;
• consolidamento di sponde di canali lagunari e perilagunari in genere;
• realizzazione di opere infrastrutturali e di condizionamento idraulico (tra tutte va citato il progetto Mose).
Negli ultimi decenni c'è stata la tendenza a ricercare tipologie di interventi con sistemi non invasivi. Da anni ad esempio nelle lagune venete è vietato l'uso dei massi da scogliera, un tempo utilizzati ma con notevoli impatti indotti ambientali e paesaggistici. Sono stati sperimentati, con alterne fortune, nuovi materiali offerti dal mercato dei geosintetici.
Tra le varie tipologie risultano utilizzabili alcune tecniche di IN la cui applicazione è iniziata in Italia negli anni '80 nelle lagune venete e si ripropone oggi con alcuni interventi eseguiti sia sulle coste e lagune adriatiche che in altre regioni quali Lazio, Sardegna, Puglia.

12.1 Casistica di interventi in ambiti costieri sabbiosi e lagunari

12.1.1 Interventi di rivegetazione in Laguna di Grado (GO)

Si riportano le risultanze di un intervento di rivegetazione su barene di neoformazione date da fanghi lagunari di dragaggio con piante alofile, eseguito nel 1996 in laguna di

Grado (GO) Località Barbana. Il lavoro è consistito nella fresatura dei fanghi derivanti dal dragaggio mediante sorbona del canale di accesso all'Isola del Santuario di Barbana.

Figg. 12.1 e 12.2 - *Fanghi di dragaggio essiccati con vistose crepe, ante operam*

Figg. 12.3 e 12.4 - *I fanghi post-fresatura con mezzo meccanico (a sx) e Totale inefficacia dell'impiego di stuoie di juta quale antierosivo spondale (a dx) (Foto G. Sauli)*

Figg. 12.5 e 12.6 - *Trapianto dal selvatico di esemplari di piante alofile da barene adiacenti (Limonium, Puccinellia, Atriplex, Juncus, Salicornia, ecc.) semina manuale a spaglio con miscela commerciale e messa a dimora di talee di tamerici*

Figg. 12.7 e 12.8 - *A distanza di circa dieci anni dall'intervento si può constatare la totale rivegetazione dell'area con insediamento delle varie formazioni (Spartineto, Salicornieto, Limonieto, Agropireto) a seconda del livello del mare*

Fig. 12.9 - *Panoramica d'insieme dopo 10 anni; sullo sfondo il Santuario di Barbana (Foto Giuliano Sauli)*

Nelle Figure 12.10 e seguenti, vengono illustrate alcune prove, scarsamente efficaci, effettuate nelle lagune di Grado, in provincia di Gorizia, e di Marano, in provincia di Udine, di consolidamento spondale di un canale perilagunare, adibito allo stoccaggio dei fanghi di drenaggio dei canali lagunari, con tronchi e tavole tirantati e successiva messa a dimora di tamerici.

Figg. 12.10 e 12.11 - *Consolidamento spondale di un canale perilagunare, con tronchi e tavole tirantati, e messa a dimora di tamerici (Laguna di Grado GO e Marano UD) (Foto Giuliano Sauli)*

Figg. 12.12 e 12.13 – *A dx: Consolidamento con tronchi, rulli di cocco, geotessuti e fibre miste, abbinati a fascine di tamerice (fiume Natissa, Laguna di Grado GO). A sx: Lo stesso canale perilagunare dopo un anno (Foto Giuliano Sauli)*

12.1.2 Interventi di rivegetazione, stabilizzazione e consolidamento in Lagune del Po di Levante

Figg. 12.14 e 12.15 - *Palificata e grata viva con salici in un canale del delta Po, in provincia di Rovigo, in fase di* realizzazione (a sx) e dopo alcuni anni (a dx)

Fig. 12.16 - *Vista aerea dei cordoni dunali in forte erosione e delle lagune, in località La Vallona – Po di Levante (RO) prima degli interventi di rivivificazione finalizzati alla miglior circolazione delle acque per le retrostanti valli da pesca mediante dragaggi (Foto Giuliano Sauli)*

Figg. 12.17 e 12.18 - *Ricostruzione di barene con fanghi di dragaggio; contenimento con pali e geotessuti in località La Vallona – Po di Levante (RO)*

Figg. 12.19 e 12.20 *- Stabilizzazione di cordoni dunali mediante graticciate e trapianti di cespi di Ammophila arenaria e graticci con legno morto e vivo di Salix alba, in località La Vallona – Po di Levante (RO)*

Figg. 12.21 e 12.22 *- Ricostruzione di isolotti con dragaggi a matrice sabbiosa con prove di messa a dimora di specie alofile, nella laguna di Caleri – Po di Levante (RO) (Foto Sauli)*

12.1.3 Interventi di rivegetazione, stabilizzazione e consolidamento in zone costiere della Sardegna

Si riporta una serie di interventi su dune nella costa nord orientale sarda in località Orosei, con messa a dimora di specie arbustive e suffruticose mediterranee (Figure 12.23÷25) quali *Tamarix*, *Phillyrea*, *Pistacia*, *Nerium*, *Olea oleaster*, *Rosmarinus*, *Vitex agnus castus*, *Helychrysum*, *Lavandula*, *Cistus*, *Calycothome* (Figure 12.26÷29) in zona di turismo balneare e realizzazione di palificate e palizzate di consolidamento lungo infrastrutture viarie (Figure 12.30÷32).

Figg. 12.23, 12.24 e 12.25 *- Messa a dimora di specie arbustive e suffruticose mediterranee su litorale sabbioso (Foto Paolo Cornelini)*

Figg. 12.26 e 12.27 *- Lavandula sp. (a sx) ed Helychrysum sp. (a dx)*

Figg. 12.28 e 13.29 *- Cistus sp. (a sx) e Pistacia sp. (a dx)*

Fig. 12.30 *- Scarpata sabbiosa in erosione*

Figg. 12.31 e 12.32 *- Realizzazione di una palificata viva con inserimento di talee di tamerice (a sx) e palificate e palizzate di consolidamento lungo un'infrastruttura viaria (a dx)*

Sempre in zona, si è proceduto alla stabilizzazione delle sponde costiere lagunari tramite la realizzazione di palificate vive spondali e trapianto di arbusti mediterranei con salvaguardia e recupero della vegetazione esistente (Figure 12.33 e 12.34).

Figg. 12.33 e 12.34 *- Realizzazione di palificate vive spondali (a dx) e trapianto di specie arbustive autoctone (a sx) (Foto Paolo Cornelini)*

Fig. 12.35 *- Visione d'insieme della zona costiera di Orosei Intrappolamento di sabbia a protezione e implementazione delle dune costiere mediante graticciate e messa a dimora di piante psammofile negli spazi retrodunali nella spiaggia di Sorso (SS).*

Figg. 12.36 e 12.37 *- Realizzazione delle graticciate (a sx) e piantagione di piante psammofile (a dx)*

Figg. 12.38 e 12.39 - *Piantagione di piante psammofile (Foto Paolo Cornelini)*

12.1.4 Interventi nel Lazio

Si presenta una sequenza di interventi antierosivi di stabilizzazione e consolidamento di scarpate artificiali su terreni sabbiosi (paleodune) nel complesso edilizio residenziale "La Leprignana" (Fregene – RM).
Nelle Figure 12.40 e 12.41 si nota l'azione antierosiva insufficiente con sole biostuoie inerbite.
Nelle Figure 12.42 ÷ 44 si osservano gli interventi di sistemazione di supporto di scarpate di neoformazione con fascine vive di Tamerici e messa a dimora di arbusti mediterranei.
Infine, nelle Figure 12.45 ÷ 47, si osserva la stabilizzazione e il consolidamento al piede delle scarpate delle ville con palizzate in tronchi orizzontali, palificate vive e arbusti mediterranei.

Figg. 12.40 e 12.41 - *Scarpate artificiali su terreni sabbiosi con evidenti fenomeni erosivi nonostante l'impiego di biostuoie inerbite*

Figg. 12.42 e 12.43 - *Realizzazione di fascine vive di tamerici e messa a dimora di arbusti mediterranei, aprile 2007 (Foto Paolo Cornelini)*

Fig. 12.44 - *Le fascine vive di tamerici delle foto precedenti a settembre dello stesso anno*

Figg. 12.45, 12.46 *e* ***12.47*** *- Realizzazione di palizzate in tronchi orizzontali, palificate vive con arbusti mediterranei, al piede delle scarpate attigue alle residenze (Foto Paolo Cornelini)*

Fig. 12.48 - *Stabilizzazione di sistemi dunali con messa a dimora a gradoni di piantine di Ammophila arenaria (dune sul Mare del Nord, Germania)*

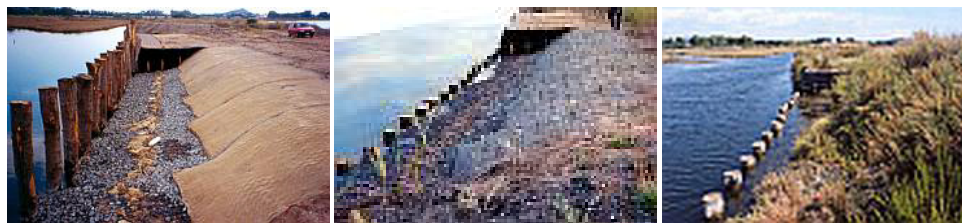
Fig. 12.49 - Esempio negativo di insediamenti turistici con utilizzo di specie esotiche

Fig. 12.50 – P. N. del Circeo, aprile 2003, resti di graticciate utilizzate per filtrare la sabbia e limitare l'erosione delle dune costiere. In alto fascine morte di saggina

Fig. 12.51 – Difesa al piede della duna con paleria di legname e stuoia in cocco (Foto Giancarlo Bovina)

Fig. 12.52 - Litorale romano di Castel Porziano; consolidamento di duna a isole mediante palificate in legno (da Giuliano Sauli, 2003)

12.1.5 Interventi in Laguna di Nora (CA)

Si riporta una serie di interventi campione di consolidamento spondale di un canale lagunare in zona salmastra con impiego di tecniche di ingegneria naturalistica ed uso di specie salsoresistenti.
Le caratteristiche vegetazionali comprendono:
stagni salmastri costieri a *Halimione portulacoides*, *Arthrocnemum fruticosum*, *Inula chrytmoides*, *Artemisia arborescens.*
Le caratteristiche geomorfologicche comprendono:
forme pianeggianti e depresse di sedimenti litoranei (laguna).

Figg. 12.53 ÷ 12.55 - *Terra rinforzata verde, materassi verdi spondali. Laguna di Nora (CA) nel 1996 (a sx); dopo alcuni mesi (al centro); nel 2003 (a sx). (Foto Giuliano Sauli)*

L'obiettivo dell'intervento consiste nell'effettuare un cantiere sperimentale di consolidamento spondale dei canali lagunari con utilizzo di materiale di dragaggio e messa a dimora di alofite e talee di tamerice.

Le tipologie e dimensioni dell'intervento sono:
1. Rullo spondale in geogriglia poliestere e fascine;
2. Materasso verde;
3. Terra rinforzata con rete metallica plastificata;
4. Argine spondale semplice (nessun intervento);
5. Rullo spondale in rete metallica e georete tridimensionale sintetica;
6. Palificata spondale semplice;
7. Piantagione di arbusti radicati S 1500 mq circa.

I materiali morti impiegati sono costituiti da:
- tronchi castagno scortecciati cm D 20-25 cm;
- picchetti acciaio a.m.;
- materassi in rete zincata a doppia torsione;
- terra rinforzata;
- rete sintetica per i rulli con rivestimento interno in reticella plastica

Figg. ***12.56*** *e* ***12.57*** ***-*** *Laguna di Nora (CA), palificata spondale con palo infisso e fascine di tamerici,1996 (a sx) e rullo spondale, fase di costruzione, 1996 (Foto Giuliano Sauli)*

Le specie vegetali impiegate sono le seguenti.

- Talee: *Tamarix* sp;
- Piante radicate: *Tamarix* sp., *Artemisia arborescens, Pistacia lentiscus, Halimione portulacoides, Inula chritmoides, Lygeum spartum, Atriplex halimus, Phragmites australis, Phillyrea angustifolia, Quercus coccifera, Plantago crassifolia*.

Figg. 12.58 e 12.59 - *Laguna di Nora (CA), rullo spondale, fase di costruzione 1996 (a sx) e palificata spondale con palo infisso e fascine di tamerici, in primo piano effetti del rullo spondale settembre 2003 (a dx) (Foto Giuliano Sauli)*

Bibliografia

AA.VV. (1993) - Manuale tecnico di IN. Regione Emilia Romagna, Assessorato all'ambiente, Regione del Veneto Assessorato Agricoltura e Foreste -

AA.VV. (1995) - Opere e tecniche di IN e recupero ambientale. Regione Liguria, Ass. edilizia, Energia e Difesa del suolo.

AA.VV. (2003) - Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di IN. Regione Piemonte Direzione tutela e risanamento ambientale, Programmazione gestione rifiuti; Direzione Opere Pubbliche.

AA. VV. (2006) - Linee guida per capitolati speciali per interventi di IN. Ministero dell'Ambiente e della Tutele del Territorio – *PODIS.*

AA. VV. (2010) - Linee guida alla progettazione degli interventi di IN nelle Marche. *Sezione Regionale AIPIN Marche.*

CORNELINI P. (2001) - Una nuova tipologia. La palificata viva tipo "Roma". *Acer 1/2001.*

CORNELINI P., SAULI G. (2005) - Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di IN. *PODIS Ministero dell'Ambiente.*
FLORINETH F. (2007) - Piante al posto del cemento. Il Verde Editoriale.
MINISTERO DELL'AMBIENTE, Servizio Via Commissione (1997) - Via Linee guide per capitolati speciali per interventi di IN e lavori di opere a verde. *Prestampa AIPIN- TS.*
PALMERI F. *et al.* (2003) - Manuale tecnico di IN della Provincia di Terni. Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni. PTCP Provincia di Terni.
REGIONE LOMBARDIA (2000) - Deliberazione Giunta Regionale 29 febbraio 2000 - N. 6/48740 Approvazione direttiva. Quaderno opere tipo di IN. *BUR della Lombardia 9 Maggio 2000 1° supplemento straordinario al n. 9.*
REGIONE TOSCANA (2000 e 2001) - Principi e Linee Guida per l'IN. *Voll. 1 e 2, Collana Fiumi e Territorio.*
SAULI G. (1999) - Casistica di interventi di IN: costi e risultanze. Atti del Convegno transnazionale "Efficacia e costi degli interventi di IN" *EFIB - AIPIN Trieste 25-27 novembre 1999.*
SAULI G. (1999) - The transfer of soil bioengineering into new climatic, edaphic and floristic zones. Atti della Conferenza 1999 "Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization". IECA Manila 19-21 aprile 1999
SAULI G. CORNELINI P., PRETI F. (2002) - Manuale d'IN applicabile al settore idraulico. *Regione Lazio.*
SAULI G. CORNELINI P., PRETI F. (2003) - Manuale 2 d'IN applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose. *Regione Lazio.*
SAULI G. CORNELINI P., PRETI F. (2006) - Manuale 3 d'IN Sistemazione dei versanti. *Regione Lazio.*
SAULI G., SIBEN S. (1992) - Tecniche di rinaturazione e di IN: esperienze europee. *Patron –Ed.*
SCHIECHTL H. M., STERN R. (1991) - Bioingegneria forestale, basi, materiali da costruzione vivi, metodi. *Castaldi Ed.*
SCHIECHTL H. M., STERN R. (1994) - IN – Manuale delle costruzioni idrauliche. *ARCA.*
SCHIECHTL H. M., STERN R. (1992) - IN – Manuale delle opere in terra. *Castaldi Ed.*
ZEH H. (1993) - Ingenieurbiologische Bauweisen. *Studienbericht Nr. 4. Eidenössisches Verkehrs und energiewirtschafts departement Bundesamt für Wasserwirtschaft .*
ZEH H. (1997) - Tecniche di IN. Rapporto di studio Nr. 4, 1993. *Il Verde Editoriale.*
ZEH H. *et al.* (1988) - Ingenierurbiologische Uferverbauungen, Bauweisen und Beispiele im Kanton Bern. *Baudirektion des Kantons, Bern.*

13. BUONE PRATICHE PER GLI INTERVENTI DI DIFESA AMBIENTALE DELLE DUNE COSTIERE

di Federico Boccalaro

13.1 Stato dei complessi dunali nel Mediterraneo

Il Mediterraneo rischia di perdere le sue caratteristiche dune di sabbia, una vera e propria difesa naturale dei litorali marini.
Turismo e cemento hanno sacrificato, in un secolo, circa 70.000 ha di colline sabbiose del Mediterraneo, con una perdita del 71% degli oltre 100.000 ha di dune esistenti all'inizio del secolo.
Secondo il Rapporto Europeo sull'Ambiente, tra tutti i paesi europei, spetta all'Italia il primato di aver sacrificato più dune: dai circa 45.000 ha dell'inizio del 1900 si è passati ai 9.000 attuali con una perdita, quindi, dell'80% di paesaggio litorale.
In particolare, se l'attacco alle dune non è stato risparmiato in nessun paese dell'Unione ed ha colpito le coste atlantiche dei paesi del Nord, è nel Mediterraneo che si registra il caso più allarmante.
Sulle coste francesi che si affacciano sul bacino la perdita di dune è stata del 75%, contro il 50% registrato sul fronte atlantico. In Spagna, rispettivamente del 75% sul Mediterraneo e del 30% sulle altre coste. Colpita anche la Grecia che si ritrova, dopo 90 anni, con 10.000 ha di dune rispetto ai 20.000 che orlavano i litorali nel 1900.
Il patrimonio di dune europeo è attualmente di circa 430.000 ha, di cui il 40% è stato riforestato con specie esotiche che hanno provocato il deperimento di un terzo dell'area così rivegetata.
Gran parte dei litorali sabbiosi del nostro Paese è ormai antropizzata: attualmente le dune costiere sono ancora abbastanza presenti soprattutto in Sardegna e Toscana, e lo dimostra la gran copia di Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e le segnalazioni di Biotopi della Società Botanica Italiana riguardanti le loro coste; altrove si rileva ancora qualche situazione interessante, mentre in alcune regioni questo ambiente è ormai scomparso (Figura 13.1).

Le dune costiere in Italia

Posizione dei principali siti italiani citati nel capitolo, nei quali si riscontrano ancora discrete estensioni di dune costiere in buono stato:

1) Parco Migliarino S. Rossore Massaciuccoli
2) Costa toscana da Cecina a Populonia
3) Costa toscana da Castiglion della Pescaia a Principina a Mare e Parco della Maremma
4) Coste toscane e laziali da Burano a Tarquinia
5) Litorale di Castel Porziano e Capocotta
6) Parco del Circeo
7) Litorale laziale a nord di Sperlonga
8) Litorale campano nei dintorni di Mondragone
9) Litorale calabrese nel golfo di S. Eufemia
10) Litorale calabrese nei dintorni di Rosarno
11) Area Protetta alle foci del Simeto (Catania)
12) Area protetta di Vendicari e Capo Passero
13) Costa siciliana nei pressi di Sampieri
14) Costa siciliana fra Scoglitti e Gela
15) Costa calabrese nei dintorni del fiume Neto
16) Costa jonica lucana
17) Costa pugliese nel comune di Ugento
18) Costa pugliese dei laghi Alimini
19) Oasi WWF di Torre Guaceto, nei dintorni di Ostuni
20) Dune del lago di Lesina
21) Costa abruzzese e molisana a sud di Vasto
22) Litorale di Ravenna fra Lido di Dante e Lido di Classe
23) Litorale ravennate di Porto Corsini e Casal Borsetti
24) Delta del Po e area protetta di Porto Caleri
25) Valle Vecchia (Venezia)
26) Lignano Pineda
27) Pistis
28) Piscinas
29) Buggerru-Portixeddu
30) Porto Pino
31) Chia-Domus de Maria
32) Dintorni della foce del Flumendosa
33) Capo Comino
34) Costa sarda fra S. Teresa di Gallura e Vignola
35) Costa sarda da Badesi a Valledoria
36) Litorale di Platamona
37) Porto Ferro
38) Is Arenas

Figura 13.1 *– Posizione dei principali siti con dune costiere in buono stato (da U. Macchia, 2005)*

13.2 Progettazione di interventi costieri sulle dune

La difesa delle dune contempla, oltre ai tradizionali strumenti urbanistici come l'interdizione all'accesso, anche la realizzazione di opere volte a ridurne l'erosione, a riforestarle e a ripristinare la morfologia.
La riforestazione delle dune non è però cosa semplice, dato che il substrato è in continua evoluzione e le radice delle nuove piantine vengono continuamente scoperte dal vento; essa viene quasi sempre accompagnata da interventi, eventualmente provvisori, idonei a ridurre la mobilità dei sedimenti, oltre che a limitare l'accesso (vedi figura).
La specie più frequentemente utilizzata per favorire la formazione di nuove dune o la stabilizzazione di quelle soggette a deflazione accelerata è l'*Ammophila litoralis*.
Le tecniche di intervento utilizzate nel mondo per stabilizzare o ricostituire le dune sono estremamente diversificate, anche se si stanno evolvendo tutte nella direzione dell'Ingegneria Naturalistica, come avviene ad esempio con la creazione di barriere frangivento in materiali naturali che simulano l'effetto della vegetazione (vedi figura). Si trovano comunque anche difese costruite con staccionate in legno, barriere di plastica e reti in geotessuto.
L'accesso alla spiaggia viene spesso realizzato con percorsi sinuosi, così che il vento non possa incanalarvisi, e senza operare tagli artificiali; inoltre, si copre il suolo con passerelle in legno (Figura 13.2) o con detriti vegetali di varia natura, in modo da impedire la deflazione laddove il calpestio non consente lo sviluppo della vegetazione.

In molti casi, per impedire ogni interferenza fra le strutture e la morfologia delle dune, si realizzano passerelle sopraelevate fino a costituire veri e propri ponti che collegano la viabilità interna ed i parcheggi direttamente con la spiaggia.

Figura 13.2 *– Dune protette a Cala Mesquida a Maiorca (da F. Boccalaro, 2010)*

13.3 Buone pratiche per la gestione delle spiagge/dune

Nel caso di una ripristino dei sistemi dunari degradati è possibile fare tesoro delle numerose esperienze fatte in Italia e in Europa, che possono contribuire alla formulazione di buone pratiche che consentono oggi di affrontare il problema con minore improvvisazione di quanto fatto in passato, sia nella determinazione della morfologia delle aree da ricostituire che nell'utilizzazione delle piante migliori per la loro stabilizzazione.
Lo schema in figura 13.3 presenta un diagramma di flusso per aiutare il gestore del litorale nel passare dall'osservazione dell'erosione all'attuazione di un piano di gestione. Questo processo è fortemente legato al monitoraggio.
Esistono potenziali risposte a diverse situazioni di rischio generalizzato in base alla natura delle attività a rischio. La selezione di specifici approcci dipenderà dalle caratteristiche del sito.
Altri fattori, come i processi costieri, l'accesso al sito, la disponibilità di materiali e manodopera, l'accettabilità di un impegno di gestione a lungo termine, un uso ricreativo della zona, le risorse finanziarie e gli interessi di conservazione del sito potranno anche svolgere un ruolo nel processo decisionale.
La tabella 13.1 permette di valutare i diversi impatti, costi e durabilità relativi ai diversi interventi possibili, aiutando il gestore nella scelta della soluzione più idonea al sito in questione.

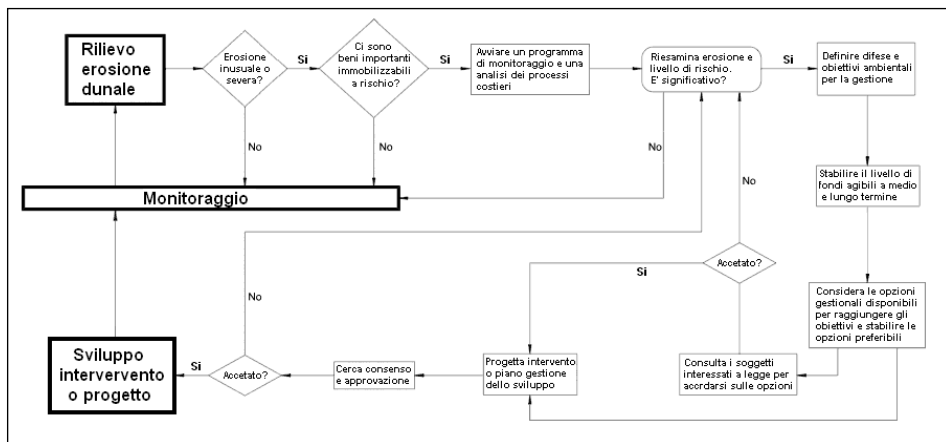



Figura 13.3 – Pianificazione della gestione dune e diagramma di flusso di attuazione (da Scottish Natural Heritage, 2004)

Tutti i sistemi di gestione delle dune dovrebbero osservare i seguenti indirizzi al fine di massimizzare la probabilità di successo e di ridurre al minimo gli impatti sull'ambiente naturale e umano.

- Ogni sito soggetto ad erosione dunale deve essere considerato indipendentemente, con approcci di gestione su misura per il sito specifico.
- Una politica di "gestione adattativa" (opzione 1) dovrebbe essere considerata per tutti i siti prima che siano valutate altre opzioni.
- Un lavoro non deve essere intrapreso prima che il sistema spiaggia-duna e i processi di geomorfologia costiera siano stati controllati nell'arco di diversi anni e sia stato stabilita una ragionevole comprensione dell'ambiente fisico e naturale. Risposte affrettate all'erosione possono rivelarsi sia inutili che dannose.
- Nessun lavoro a carattere permanente dovrebbe essere intrapreso a meno che siano a rischio attività importanti inamovibili o insostituibili.
- Gruppi di interesse locali, come ad esempio proprietari terrieri, associazioni pro-natura, associazioni di pesca e fruitori turistici, dovrebbero essere consultati preventivamente per garantire una visione ampia del litorale e della zona limitrofa, prima di attuare un particolare approccio di gestione.
- Un esame deve sempre essere dedicato agli eventi meteorologici ed ondametrici estremi sia a lungo termine che a medio e breve termine per determinare l'aspettativa di vita di tutte le operazioni.
- Vanno anche considerate le conseguenze del fallimento, come i detriti dispersi lungo la spiaggia, i rischi per la sicurezza pubblica, la perdita di accesso turistico, il degrado del paesaggio, ecc.
- Il lavoro dovrebbe essere pianificato e programmato per limitare i danni agli ecosistemi fragili e al turismo sostenibile. È opportuno prendere in considerazione la vegetazione, la nidificazione e la migrazione degli uccelli, gli invertebrati, la pesca, l'accesso del pubblico, i livelli di rumore e la sicurezza pubblica.
- Tutto il personale in loco deve essere reso consapevole della necessità di un attento lavoro preventivo al fine di evitare danni ambientali, e per evitare pericoli connessi con i fronti ripidi e instabili delle dune.
- Una gestione temporanea o permanente delle vie di accesso ai versanti dunali, per materiali, attrezzature e mano d'opera, deve essere pianificata e realizzata in

modo da ridurre al minimo i danni da calpestio alle dune e da limitare la formazione di buche.

- Camminamenti o altre superfici temporanee dovrebbe seguire il naturale contorno delle dune piuttosto che tagliarle con linee rette esponendole al rischio di erosione eolica. Delle schermature dovrebbero essere utilizzate per stabilizzare la sabbia adiacente al percorso.
- Vie di accesso pubblico alla spiaggia devono essere chiaramente definite e recintate, se necessario, per evitare che con il calpestio possano portare a buche.
- Cartelli educativi posti in zone retrostanti le aree di parcheggio auto o lungo i sentieri dovrebbero essere utilizzati per spiegare i sistemi di gestione, incoraggiare l'interesse del pubblico e supportare gli obiettivi di gestione.
- Segnali di avvertimento dovrebbero essere installati mettendo in evidenza i pericoli di instabilità delle superfici dunali, qualsiasi lavoro di costruzione in corso o qualsiasi altro pericolo connesso con la gestione del sistema (fessure nelle strutture in roccia, la crescita di alghe scivolose, difese sepolte, strutture sommerse, depositi di fango, ecc.).
- Un progetto di successivo monitoraggio dovrebbe essere effettuato almeno ogni due anni per valutare l'evoluzione della spiaggia-duna e il successo dell'intervento in relazione agli obiettivi.

Questi sono i principali approcci a una gestione razionale ed ecocompatibile per la difesa dell'ambiente dunale:

1. Gestione adattativa
2. Piantagione di specie erbacee su dune
3. Copertura di dune
4. Schermatura di dune
5. Spiaggia di riciclaggio e di riprofilatura
6. Strutture in sacchi di sabbia
7. Ripascimento della spiaggia
8. Rivestimento in gabbioni
9. Promontori artificiali
10. Scogliere artificiali
11. Frangiflutti prossimi alla riva
12. Pennelli ("permeabili")
13. Drenaggio di riva
14. Rivestimenti in pietrame
15. Rivestimenti in legname
16. Rivestimenti impermeabili e muri
17. Piantagione di fanerogame marine su fondali

Di seguito si descriveranno alcune di queste tipologie di intervento

OPZIONE	IMPATTI (1)				COSTI		DURABILITA'
	Habitat	Morfologia	Paesaggio	Processi	Investimento	Manutenzione (2)	Vita utile (3)
Gestione adattativa	■■	■■	■■	■	-	■	■■■■■
Piantumazione	■	■	■	■	■	■■■	■
Ricopertura	■	■	■	■	■	■■■	■
Schermatura	■	■	■■	■	■	■■■	■
Riciclaggio della spiaggia	■■	■	■	■	■■	■■■	■
Strutture in sacchi di sabbia	■■	■■	■■	■■	■■	■	■■
Drenaggio della spiaggia	■	■	■	■■	■■■	■■	■
Ripascimento	■■	■	■	■	■■■	■■■	■■
Rivestimento in gabbioni (4)	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■■	■■■
Promontori artificiali	■■	■■	■■■	■■■	■■■	■	■■■
Scogliere artificiali	■■	■■	■■■	■■■	■■■	■	■■■
Frangiflutti prossimi alla riva	■■■	■■	■■■■	■■■	■■■	■	■■■
Pennelli	■■■	■■■	■■■	■■■	■■■	■	■■■
Rivestimenti in pietrame (4)	■■■■	■■■■	■■■■■	■■■■	■■■■	■	■■■■■
Rivestimenti in legname (4)	■■■	■■■	■■■■	■■■	■■■■	■	■■■
Rivestimenti impermeabili / Muri a mare	■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■	■■■■■	■	■■■■

Legenda
(■ = basso, ■■■■■ = alto)

1. Impatti al di là della durata dell'intervento
2. Costi di manutenzione in relazione ai costi di investimento (per mantenere le prestazioni di progettazione)
3. Durata delle prestazioni senza manutenzione
4. Se coperti da sabbia sul fronte dunale gli impatti relativi a queste soluzioni sono minori e la durabilità è maggiore; i costi di investimento possono essere maggiori, ma i costi di manutenzione saranno minori

Tabella 13.1 *– Costi, durabilità e potenziali impatti ambientali connessi con gli interventi di gestione del litorale (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

13.4 Piantagione di specie erbacee su dune

La vegetazione favorisce la crescita dunale intrappolando e stabilizzando la sabbia trascinata dal vento. Il trapianto di Ammofile (*Ammophila arenaria*) sul lato esposto di dune in erosione rafforza il naturale sviluppo delle dune al di sopra del limite di attacco diretto dell'onda. La Gramigna delle sabbie (*Elymus farctus*) o l'Orzo delle sabbie (*Leymus arenarius*) possono essere trapiantate per favorire la crescita di nuove dune avanzate lungo il bordo di dune esistenti, in quanto queste specie sono tolleranti a occasionali inondazioni di acqua di mare. Piantine di erbe da sementi possono essere utilizzate, ma di solito non hanno successo in ambienti di dune mobili.
Queste erbe autoctone dunali operano per ridurre la velocità del vento su tutta la superficie, quindi catturano e stabilizzano la sabbia. Esse crescono sia verticalmente che orizzontalmente, non appena la sabbia si accumula. L'Ammofila è particolarmente efficace in quanto si sviluppa vantaggiosamente sulle dune in formazione, ed è forse più facile da trapiantare.
In aggiunta a questi orientamenti generali ci sono le seguenti specifiche di piantumazione di specie erbacee sulle dune.

- Il trapianto dovrebbe includere solo quelle specie che sono autoctone del sito, per mantenere il naturale ecosistema.
- I sistemi di trapianto devono essere continuamente seguiti per ottenere una vigorosa crescita e per riparare danni naturali o umani.
- Riprofilature, ricoperture o recinzioni sono normalmente associati all'impianto per migliorare il recupero della duna e per limitare l'accesso del pubblico o danni al materiale vegetale.
- Il trapianto deve essere effettuato in primavera al fine di massimizzare il potenziale di crescita e ridurre al minimo il rischio di erosione da mareggiata.

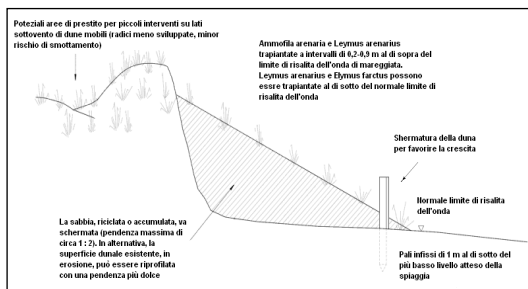



Figura 13.4 *– Trapianto specie erbacee (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

Figura 13.5 *– Piantumazione di Ammofila e Tamerice a San Rossore (F. Boccalaro, 2008)*

13.5 Copertura di dune

Ricoprire le superfici esposte di dune o le buche utilizzando i depositi fogliari spiaggiati ("*banquettes*") di *Posidonia oceanica*, gli scarti da tagli di gestione forestale, o altri materiali vegetali a basso costo, è un modo tradizionale di stabilizzare la sabbia, riducendo il calpestio e proteggendo la vegetazione.
I materiali sono a basso costo se disponibili a livello locale e non richiedono macchinari o manodopera qualificata per raggiungere il successo, ma la continua manutenzione è importante.
I depositi fogliari di Posidonia o. che si accumulano nei mesi invernali lungo le coste sabbiose del Mediterraneo, raggiungendo nelle coste sabbiose piatte od in leggera pendenza spessori anche di due metri, sono costituiti da materiali organici rappresentati dalle foglie recise della pianta e da materiali inorganici quali sabbie a diversa tessitura ed acqua. Tali ammassi fogliari ed i relativi accumuli di sedimento svolgono in seguito, nei mesi invernali a maggiore idrodinamismo, una preziosa ed importante funzione protettiva dei litorali sabbiosi contro l'idrodinamismo e di conseguenza contro il fenomeno dell'erosione costiera garantendo, quindi, il controllo del profilo naturale della spiaggia emersa.
L'intervento è normalmente associato alla piantumazione con specie erbacee dunali autoctone per favorire la stabilità delle dune.
In aggiunta a questi orientamenti generali ci sono i seguenti suggerimenti di specifica importanza per la ricopertura delle dune.

- La ricopertura deve essere regolarmente mantenuta per ottimizzare l'efficacia e per ridurre al minimo l'impatto sull'uso pubblico e il comfort visivo.
- I materiali devono essere degradabili e non dovrebbero introdurre semi alloctoni, talee vive o inquinanti che possono danneggiare l'ecologia della duna.
- Attenzione dovrebbe essere prestata alle zone che soffrono di erosione del vento e di attacco delle onde al fine di prevenire la formazione di grandi vuoti.
- Le tecniche e le modalità di gestione delle "*banquettes*" di Posidonia o. devono evolvere dalla mera rimozione meccanica, con relativo trasferimento in discarica, al loro mantenimento sul posto per garantire una reale ed efficace protezione della linea di costa contro il fenomeno erosivo o, laddove possibile, il loro utilizzo come materiale compostabile in tecniche agronomiche sostenibili.
- I trapianti di vegetazione dunale incoraggeranno la crescita e miglioreranno l'ambiente litorale. La ricopertura senza trapianto avrà un impatto solo a breve termine, come qualsiasi sabbia accumulata che rimarrà instabile.

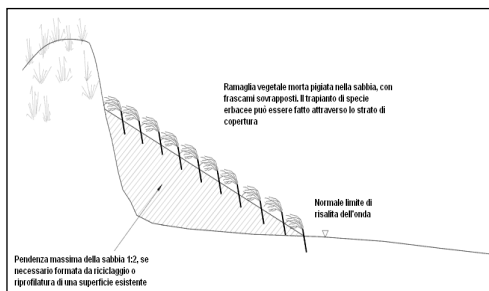



Figura 13.6 *– Copertura dune con specie autoctone (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

Figura 13.7 *– Ricopertura con banquette di Posidonia alla foce del Coghinas (da F. Boccalaro, 2005)*

13.6 Schermatura di dune

La costruzione di recinzioni semi-permeabili di dune lungo il fronte marino incoraggerà la deposizione di sabbia soffiata dal vento, ridurrà il calpestio e proteggerà la vegetazione esistente o trapiantata. Svariati materiali per schermature possono essere usati con successo per migliorare il recupero naturale. La schermatura può essere utilizzata anche in combinazione con altri sistemi di gestione per favorire la stabilizzazione della duna e ridurre gli impatti ambientali.
Le schermature lungo la sommità delle dune consentono di controllare l'accesso del pubblico e riducono il calpestio della vegetazione lungo il bordo delle dune esposto al mare. La schermatura e l'associato trapianto di vegetazione possono contribuire a stabilizzare l'avanduna ed estenderanno l'habitat della duna. Essi possono anche migliorare l'aspetto di altre forme di opere di difesa che altrimenti potrebbero svalutare il paesaggio costiero.
In aggiunta a questi orientamenti generali ci sono i seguenti suggerimenti di specifica importanza per la schermatura delle dune.

- Schermature sintetiche in colori brillanti dovrebbero essere evitate per ridurre al minimo l'impatto visivo sul paesaggio.
- Materiali sintetici non degradabili dovrebbero essere evitati in aree che potrebbero essere pesantemente colpite dalle mareggiate, in quanto qualsiasi materiale portato via dalle onde può diventare un pericolo per i bagnanti, la navigazione e la vita marina.
- Una regolare manutenzione deve essere effettuata per riparare le recinzioni e rimuovere rifiuti o sgradevoli detriti che possono accumularsi lungo la recinzione
- Il rapporto vuoto/pieno per ogni materiale da recinzione dovrebbe essere compreso tra 30% e 50% per ottenere un'efficace accumulo di sabbia.
- Il trapianto di vegetazione favorirà lo sviluppo della duna e migliorerà l'ambiente del litorale. La schermatura senza trapianto avrà un impatto solo a breve termine in quanto qualsiasi accumulo di sabbia rimarrà instabile.

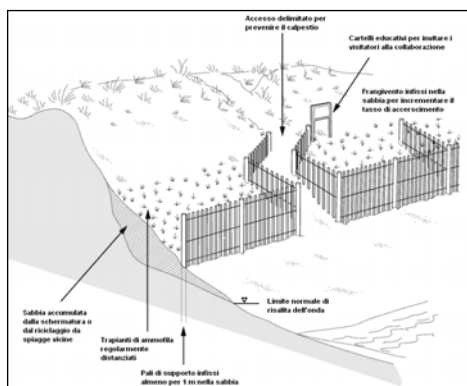
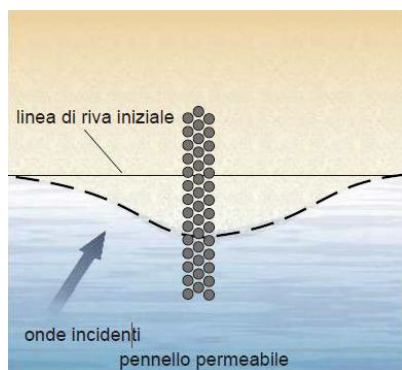



Figura 13.8 *– Accorgimenti protettivi di rivegetazioni su dune (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

Figura 13.9 *– Protezione di dune a cala s'Amarador a Maiorca (da F. Boccalaro, 2007)*

13.7 Pennelli

I pennelli permeabili sono strutture trasversali progettate per ridurre il trasporto longshore su spiagge aperte o per deviare le correnti vicino a riva all'interno di un estuario. In una spiaggia aperta sono normalmente costruiti in serie per influenzare una lunga sezione di costa che è stato alimentata o gestita con il riciclo. In un estuario possono essere singole strutture.
Sono strutture a corpo discontinuo che permettono il passaggio dei sedimenti, assorbendo nel contempo una parte dell'energia dell'onda incidente, con conseguente riduzione del trasporto solido litoraneo.
La struttura permeabile favorisce il mantenimento del profilo originale della spiaggia, smorzando l'energia dell'onda incidente senza annullarla del tutto, permettendo così la deposizione dei sedimenti su entrambi i lati dell'opera.
La pietra è spesso favorita come materiale da costruzione, ma gabbioni e legname possono essere usati per strutture temporanee con diversa vita utile (legname: 10-25 anni, gabbioni: 1-5 anni). I pennelli sono spesso usati in combinazione con i rivestimenti per fornire un elevato livello di protezione all'erosione.
L'utilizzo di una semplice struttura in legname, fa sì che grazie alla sua permeabilità non avvenga il fenomeno di dentellatura della linea di costa, con la formazione di un profilo costiero omogeneo, sia a monte che a valle dell'opera. Le strutture, una volta completate, agiscono deviando o intercettando le correnti lungo riva e, spesso, fornendo un ostacolo fisico al movimento del materiale di spiaggia. I limiti delle opere di difesa trasversali in pali di legno sono costituiti da una scarsa azione di barriera meccanica, dalla loro durata limitata e dagli alti oneri di manutenzione, nonostante il basso costo iniziale, e delle proprietà geotecniche del substrato di incastro.
A condizione che i pennelli siano utilizzati in luoghi appropriati, essi riducono il bisogno da un regolare riciclaggio o ripascimento, e quindi riducono future perturbazioni dell'ambiente litoraneo. Gli accumuli localizzati di materiale sabbioso incoraggiano la formazione di nuove dune. Il riciclaggio, la schermatura e il trapianto vegetazionale contribuiranno a mantenere sepolta la sezione trasversale del rivestimento, rafforzando in tal modo la rigenerazione degli habitat.
In aggiunta a questi orientamenti generali, ci sono i seguenti suggerimenti di particolare importanza per i pennelli.

- La costruzione del pennello dovrebbe normalmente essere accompagnata da un programma continuo di riciclaggio o ripascimento della spiaggia. Si richiede un regolare monitoraggio e gestione per ottenere dei buoni risultati. La sorveglianza deve comprendere le coste adiacenti, così come quelle immediatamente comprese dai pennelli.
- Le altezze, lunghezze e profili dei pennelli possono essere modificati se il monitoraggio indica che la configurazione iniziale non è idonea al raggiungimento degli obiettivi. La modifica è più facile da raggiungere con strutture in pietrame piuttosto che con strutture in legno. Eventuali danni osservati dopo le mareggiate, come massi dislocati, dovrebbero essere corretti durante le operazioni di manutenzione.
- Il legname utilizzato per la costruzione di un pennello dovrebbe essere derivato da foreste gestite in modo sostenibile.
- I pennelli negli estuari possono avere bisogno di segnali di navigazione per garantire la sicurezza pubblica.

Figg. 13.10 e 13.11 – Pennelli permeabili per dune in legname, da APAT Atlante delle spiagge (2007) (a sx) e da DEFRA (1999) (a dx)

13.8 Rivestimenti in legname

I rivestimenti in legname possono variare dalla struttura definitiva impermeabile, al riparo temporaneo permeabile, posti sulla spiaggia emersa come barriera per le onde. Il primo tipo è una linea finale di protezione dall'erosione delle dune, mentre il secondo tipo serve alla dissipazione dell'energia del moto ondoso prima che raggiunga di fronte della duna.
Le strutture in legname offrono una grande flessibilità nella progettazione. Esse possono essere incorporate in sistemi di gestione turistica e spesso sono prontamente accettate dal pubblico. Le strutture in legname sono facilmente riparabili o estensibili rispetto a strutture di calcestruzzo.
In aggiunta a questi orientamenti generali, sono di particolare importanza per i rivestimenti in legname le seguenti indicazioni.

- La progettazione deve prevedere l'evoluzione dell'erosione del litorale, che può portare al dissesto, allo scavalcamento o all'aggiramento, provocando il deterioramento strutturale.
- Ove possibile, il riciclaggio, la schermatura e il trapianto vegetazionale devono essere impiegati per stabilire una nuova linea di avandune di fronte e al di sopra del rivestimento. Queste dune ridurranno l'impatto visivo, offrendo una ulteriore

protezione dall'erosione e ristabilendo una successione naturale di habitat dunali dalla battigia al retrospiaggia.

- Il legname duro dovrebbero essere raccolto da foreste gestite in modo sostenibile.
- I danni devono essere riparati rapidamente per mantenere l'efficacia dell'intervento.

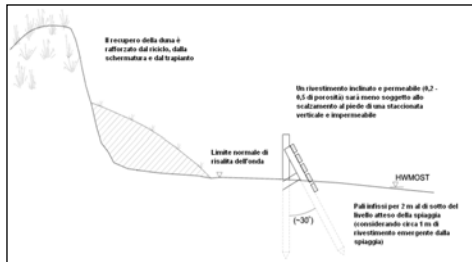



Figura 13.12 *– Staccionate paraonde (da Scottish Natural Heritage, 2004)*

Figura 13.13 *– Costruzione di barriere basali in viminate, chiusura dei varchi mediante palizzate e realizzazione di schermi frangivento nel Parco Nazionale del Circeo (Foto S. Puglisi, 2000)*

13.9 Piantagione di fanerogame marine su fondali [2]

Il trapianto di Fanerogame marine può essere considerato come una versione su fondali marini degli interventi di rivegetazione su versanti, sponde fluviali, dune, e lavora sui principi di dissipazione di energia da moto ondoso per attrito e di stabilizzazione del suolo per radicazione.
L'azione frenante delle foglie riduce, infatti, l'impatto delle onde contro il litorale e la compenetrazione delle radici e dei rizomi con il fondo sabbioso (*matte*) impedisce il trasporto solido. Le praterie di *Posidonia oceanica* costituiscono perciò un'importante barriera naturale di contenimento e di protezione delle nostre coste dall'azione erosiva del moto ondoso. E' stato infatti stimato che la regressione di un solo metro di prateria può provocare la perdita di 15 - 18 metri di litorale sabbioso.
Boudouresque (1982) ha elaborato le seguenti regole per eseguire trapianti di fanerogame marine con successo.

- I siti (e i biotopi) di reintroduzione devono essere occupati da specie autoctone.
- Le cause della sparizione di specie da reintrodurre devono essere eliminate: inquinamento, torbidità, pressione antropica, ecc..
- La reintroduzione non va effettuata in prossimità di una popolazione sopravvissuta importante (evitare di "reintrodurre per reintrodurre").
- Le conoscenze sulla biologia delle specie (dinamica delle popolazioni, biologia della riproduzione, ecc.) consentono di prevedere il successo di una reintroduzione.
- La reintroduzione non si può fare a compensazione della distruzione di una popolazione della medesima specie. Per evitare un tale risultato, si decide che, per un raggio di 10 km intorno alla zona di distruzione pianificata (nell'ambito di

---

[2] Per un approfondimento di questo paragrafo, si riporta integralmente il contributo sviluppato insieme a Nicola Cantasano: "*Posidonia oceanica* per la difesa degli ambienti dunali", non presentato al convegno SOS dune.

una gestione del litorale), non possano essere realizzate reintroduzioni per un periodo di 10 anni.

- Il prelievo di individui destinati alla reintroduzione non deve mettere in pericolo la popolazione donatrice.
- Gli individui destinati alla reintroduzione o al rinfoltimento devono provenire da una popolazione geneticamente identica (o simile) a quella che occupa la regione dove è progettata la reintroduzione.
- Le tecniche di reintroduzione (o di rinfoltimento delle popolazioni) devono essere compatibili con gli spazi o gli ecosistemi indigeni.

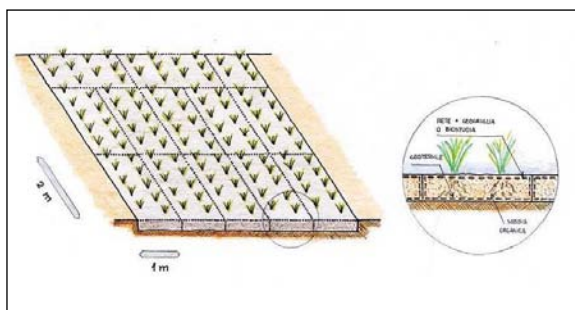



***Figura 13.14** – Materasso rinverdito su fondale (da F. Boccalaro, 2004)*

***Figura 13.15** – Trapianto di ciuffi fogliari di Posidonia oceanica (da A. Meinesz, 2003)*

Bibliografia

AA.VV., *Manuale di Ingegneria Naturalistica vol. 2°* (cap. 19), Regione Lazio, Roma, 2003.

AA.VV., *Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica*, Patron, Bologna, 1995.

AA.VV., *Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree Protette*, Ispra, Roma, 2009.

AA.VV., *Progetto LIFE Natura - Azioni concertate per la salvaguardia del litorale veneto – Gestione di habitat dunali nei siti Natura 2000*, Veneto Agricoltura – Servizio Forestale Regionale per le Province di Treviso e Venezia - Padova e Rovigo, Padova, 2007.

AA.VV., *Aree Costiere atti n° 205*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 2004.

AA.VV., *Atlante delle opere di sistemazione costiera*, Apat, Roma, 2007.

AA.VV., *La gestione strategica della difesa dei litorali per uno sviluppo sostenibile delle zone costiere del Mediterraneo*, Beachmed, Roma, 2007.

BEECH N. W., BRAMPTON A. H., SIMM J. D., et al., *Beach management manual*, Ciria, Londra, 1996.

BLOTT S., PYE K., SAYE S., *Sand dune processes and management for flood and coastal defence*, Defra, Londra, 2007.

BOCCALARO F., *Difesa del Territorio e Ingegneria Naturalistica*, Dario Flaccovio, Palermo, 2006.

BORIN M., *Fitodepurazione*, Edagricole, Bologna, 2003.

BOVINA G., *Restauro e conservazione delle dune costiere*, Professione geologo - Rivista dell'Ordine dei Geologi del Lazio, Roma, 2004.

BRUSCHINI U., CASTELLO R., CORNELINI P., *Linee guida per la riqualificazione idrogeologica e vegetazionale nelle aree percorse dal fuoco*, Regione Liguria, Genova, 2005.

CORNELINI P., FEDERICO C., PIRRERA G., *Arbusti autoctoni mediterranei per l'Ingegneria Naturalistica*, Azienda Regionale Foreste Demaniali – Collana Sicilia Foreste n° 40, Palermo, 2008.

GISOTTI G., *Principi di Geopedologia*, Calderini, Bologna, 1988.

MCHARG IAN L., *Progettare con la Natura*, Franco Muzzio, Padova, 2007.

SCHIECHTL HUGO MEINHARD, *Bioingegneria forestale*, Castaldi, Feltre, 1991.

WALLINGFORD H.R., *A guide to managing coastal erosion in beach/dune systems*, Scottish Natural Heritage, Inverness, 2004.

APPENDICE: *POSIDONIA OCEANICA* PER LA DIFESA DEGLI AMBIENTI DUNALI

di Nicola Cantasano

Un mezzo molto efficace e del tutto naturale per la difesa del litorale è costituito dalla tutela delle praterie di *Posidonia oceanica*. L'azione frenante delle foglie riduce, infatti, l'impatto delle onde contro il litorale e la compenetrazione delle radici e dei rizomi con il fondo sabbioso (matte) impedisce il trasporto solido. Le praterie di *Posidonia oceanica* costituiscono perciò un'importante cintura naturale di contenimento e di protezione delle nostre coste dall'azione erosiva del moto ondoso. E' stato, infatti, stimato che la regressione di un solo metro di prateria può provocare la perdita di 15 - 18 metri di litorale sabbioso.

La riduzione dell'idrodinamismo in prossimità del fondo (e più precisamente a livello dei rizomi) ha anche importanti implicazioni ecologiche in quanto influisce su numerosi aspetti dell'ecosistema quali il pattern di distribuzione della fauna vagile, il tasso di insediamento e di distribuzione degli epifiti sessili, la variazione dei nutrienti nella colonna d'acqua ed il tasso di sedimentazione.

La diminuzione dello stress meccanico conseguente all'attenuazione dell'idrodinamismo a livello rizomico determina inoltre un ambiente meno stressato e più stabile rispetto allo strato fogliare tale da favorire l'insediamento di numerosi organismi epifitici fito-zoobentonici alcuni specifici, altri più generici. Queste condizioni in continua evoluzione potrebbero spiegare la grande ricchezza ed eterogeneità delle specie animali e vegetali osservata nello strato rizomico delle praterie di *Posidonia oceanica*. Esse costituiscono un luogo di riproduzione ed "asilo nido" per numerose specie di pesci, un substrato per gli organismi epifiti e per la fauna sedentaria e una fonte di cibo e rifugio per la fauna natante.

Se poi consideriamo la possibilità di reimpianto di *Posidonia oceanica* su preesistenti popolamenti ormai diradati o scomparsi, possiamo annoverare la messa a dimora di *Posidonia oceanica* tra le tecniche di Ingegneria Naturalistica di tipo stabilizzante per la difesa costiera, in analogia alla messa a dimora di talee per la difesa del suolo.

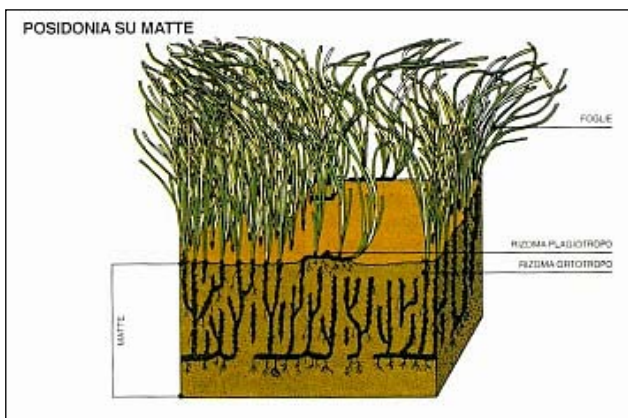



Figura A.1 *– Bloccosezione di prateria di Posidonia oceanica in fase di crescita (Boudouresque e Meinesz, 1982, modificato)*

a.1 Il ruolo delle biomasse vegetali spiaggiate

Il bilancio sedimentario della spiaggia si compone di tre elementi essenziali: la spiaggia sommersa, quella emersa e la duna costiera tra i quali si svolgono interscambi di materiali fini e grossolani tali da garantire l'equilibrio dinamico ed il corretto funzionamento del sistema costiero. Il ciclo sedimentario tra spiaggia sommersa ed emersa inizia alla fine del periodo vegetativo delle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, quando nel periodo autunnale le prime mareggiate staccano le foglie senescenti della pianta dai fascicoli fogliari e dai rizomi dell'erbario (Mateo e Romero, 1997). La perdita fogliare può raggiungere valori ponderali di 10 - 20 tonnellate di frammenti vegetali per ettaro di prateria (Medina *et al.*, 2001) di cui il 5% viene esportato verso il sistema pelagico, il 70% rimane nelle "*intermattes*" della prateria ed il 25% circa viene trasportato verso la spiaggia emersa a formare le caratteristiche "*banquettes*" (Boudoresque e Meinesz, 1982).
Le biomasse vegetali spiaggiate possono raggiungere nelle coste sabbiose piatte od in leggera pendenza spessori di due metri (Medina *et al.*, 2001). Le "banquettes" svolgono inoltre un ruolo attivo nel trattenere grandi quantità di sedimento che rimangono intrappolate tra gli strati sovrapposti dei depositi. Tali ammassi fogliari ed i relativi accumuli di sedimento svolgono in seguito, nei mesi invernali a maggiore idrodinamismo, una preziosa ed importante funzione protettiva dei litorali sabbiosi contro l'idrodinamismo e di conseguenza contro il fenomeno dell'erosione costiera garantendo, quindi, il controllo del profilo naturale della spiaggia emersa.
I depositi fogliari che si accumulano nei mesi invernali lungo le coste sabbiose del Mediterraneo sono costituiti da materiali organici rappresentati dalle foglie recise della pianta e da materiali inorganici quali sabbie a diversa tessitura ed acqua. Il contenuto in sabbie presente nelle "banquettes" dipende proprio dalle dimensioni sedimentarie. Nelle spiagge a granulometria grossolana, caratterizzate da particelle aventi diametro superiore ad 1 mm, la quantità di sabbia intrappolata nelle "banquettes" è molto elevata mentre nelle spiagge a granulometria media e fine diminuisce sensibilmente.
Le biomasse vegetali spiaggiate sono inoltre un prezioso bioindicatore che testimonia la presenza di estese praterie di *Posidonia oceanica* nel bacino marino costiero adiacente alle spiagge emerse interessate dal fenomeno. La presenza dei depositi fogliari abbancati è, pertanto, un segnale chiaro ed evidente di un mare sano ed in buone condizioni ecologiche. Occorre, dunque, valorizzare il ruolo ecologico dei banchetti di *Posidonia oceanica*, elementi di naturalità dei litorali italiani, che dovrebbero divenire nel tempo le spiagge "bio" del perimetro costiero nazionale ed essere, quindi, volano turistico per i comuni costieri a maggiore vocazione balneare. Le tecniche e le modalità di gestione delle "*banquettes*", dunque, devono evolvere dalla mera rimozione meccanica, con relativo trasferimento in discarica, al loro mantenimento sul posto per garantire una reale ed efficace protezione della linea di costa contro il fenomeno erosivo o, laddove possibile, il loro utilizzo come materiale compostabile in tecniche agronomiche sostenibili.

Figura A.2 – *Schema del ciclo sedimentario tra spiaggia sommersa ed emersa*

Figura A.3 – *La "banquette" di Diamante (da Cantasano, 2003)*

a.2 Caratteri morfologici e strategie riproduttive della Posidonia oceanica

La *Posidonia oceanica*, appartenente alla classe delle Angiosperme, è una delle piante endemiche più note e nel contempo più minacciate del Mediterraneo. Il suo nome deriva da Poseidone (Dio del Mare), la più importante Divinità del bacino ed è certamente appropriato visto il ruolo fondamentale che hanno le sue vaste praterie nell'ecosistema mediterraneo. Durante la loro evoluzione le piante si sono progressivamente svincolate dall'ambiente acquatico per conquistare le terre emerse, mentre nel caso di Posidonia (pianta superiore che produce fiori) si è avuto un progressivo rientro nell'ambiente marino. La stessa cosa è successa nel mondo animale a mammiferi come i delfini e le balene che sono ritornati a vivere in mare.
La specie *Posidonia oceanica* (L.) Delile è organizzata in radici, fusto e foglie. Il fusto è modificato in un rizoma che si accresce in senso orizzontale (rizoma plagiotropo) e verticale (rizoma ortotropo). I rizomi plagiotropi hanno la funzione di ancorare la pianta al substrato, grazie alla presenza di radici sul lato inferiore e di consentire la colonizzazione di nuove aree. I rizomi ortotropi, invece, crescendo in altezza, contrastano il progressivo insabbiamento dovuto alla continua sedimentazione e consentono alla pianta di sfruttare al massimo lo spazio e la luce disponibili.
Lo sviluppo della prateria in direzione verticale ne determina il progressivo innalzamento dal fondo, che dà origine ad una tipica formazione chiamata dagli autori francesi "matte", costituita dall'intreccio di più strati di rizomi e radici di vecchie piante e dal sedimento intrappolato tra questi elementi; solo la sommità di questa formazione è ricoperta da piante vive.
Le foglie sono nastriformi, con apici arrotondati, di colore verde intenso, hanno una larghezza media di circa un centimetro e possono raggiungere un metro e mezzo di lunghezza; sono differenziate in un lembo fotosintetizzante e in una base, presente solo nelle foglie che hanno raggiunto un certo grado di sviluppo, più o meno lignificata in rapporto all' età.
Le foglie sono disposte in fasci ognuno dei quali ne contiene in media sei - sette, organizzate in modo simile ad un ventaglio. Le più vecchie, di maggiore lunghezza, sono esterne, mentre le più giovani, di taglia inferiore, si trovano all'interno del fascio stesso.
Posidonia oceanica presenta sia modalità di riproduzione sessuale con formazione di fiori e frutti, che asessuale per frammentazione vegetativa attraverso un processo di stolonizzazione. In caso di riproduzione sessuale la pianta produce infiorescenze

recanti 3 - 7 fiori di cui alcuni ermafroditi ed altri maschili. La riproduzione sessuale, per impollinazione idrofila, è piuttosto rara e geograficamente localizzata nel bacino orientale del Mediterraneo, favorita dalle elevate temperature della zona. Tale modalità riproduttiva si è estesa negli ultimi anni anche nel bacino occidentale, favorita dal fenomeno generale del riscaldamento delle acque, conseguenza diretta del processo di graduale meridionalizzazione del bacino. Tale processo porta alla formazione di frutti ovoidali, detti "olive di mare", che maturano nel tardo periodo invernale e dal cui involucro (pericarpo) si liberano i semi, dai quali, su substrati adatti, germinano le nuove plantule.
La moltiplicazione vegetativa per frammentazione dei rizomi trasportati dal moto ondoso rimane comunque il principale metodo di riproduzione della specie.

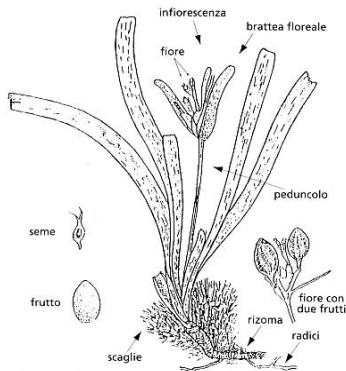



Figura A.4 *– Principali parti costitutive di un ciuffo di Posidonia oceanica (da Legambiente, 1996)*

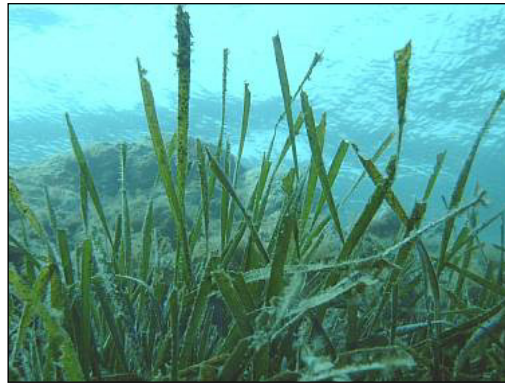
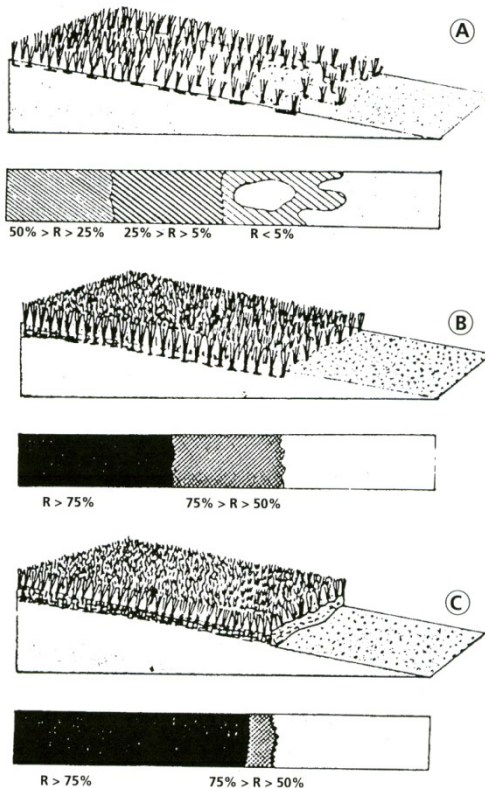



Figura A.5 *– Foglie di Posidonia oceanica con epifiti (da Rende, 2005)*

a.3 Caratteristiche ecologiche

Posidonia oceanica è una specie vegetale endemica del Mediterraneo; richiede ambienti con oscillazioni termiche comprese tra 11°C e 29°C, salinità elevate, una forte luminosità ambientale ed una buona ossigenazione delle acque litorali. La presenza delle praterie di *Posidonia oceanica* è quindi un chiaro indizio che attesta le buone condizioni chimico-fisiche e biotiche delle acque costiere.
Posidonia oceanica si insedia sia su substrati mobili come sabbia più o meno grossolana, talvolta mista a fango, che su fondi detritici e rocciosi. In ogni caso, su qualsiasi superficie la pianta si insedi, essa modifica notevolmente il substrato originario di impianto poiché le sue foglie agiscono come una sorta di trappola per le particelle in sospensione nella colonna d'acqua facilitandone la sedimentazione.
La pianta necessita di una forte illuminazione, e, per questo motivo, la trasparenza dell'acqua e la profondità sono fattori determinanti per la sua crescita.
In condizioni ambientali favorevoli, colonizza vaste aree di fondo marino, formando ampie distese chiamate praterie che si estendono dalla superficie fino a circa 30-35 metri di profondità spingendosi, a volte, fino all'isobata di 40 metri in acque particolarmente limpide. La sua espansione e/o conservazione indica il buono stato di salute ecologica dell'ambiente marino costiero di cui rappresenta pertanto un prezioso indicatore biologico.

Per valutare lo stato di salute di una prateria occorre esaminare alcuni parametri fenologici, tra i quali la densità dei fascicoli fogliari (numero di fasci per metro quadrato di substrato), che consente di avere un'idea rapida ed immediata delle condizioni biologiche del posidonieto. L'utilizzo combinato dei diversi indicatori permette di classificare praterie uniformi con densità regolare e praterie con interruzioni e densità non uniforme; altre ancora sono definite "a macchia" in quanto costituite da raggruppamenti di piante distinti tra loro.
Nella prateria si distingue inoltre un "limite superiore" superficiale partendo dalla linea di costa che è sempre molto netto e corrisponde all'inizio della prateria ed un "limite inferiore" profondo, che può avere conformazioni diverse, dove termina la prateria.
Un attento studio nel tempo dei limiti che circoscrivono la prateria consente di valutare la sua dinamica ed eventualmente, ove fosse in regressione, di realizzare interventi di ripristino. La prateria a *P. oceanica* rappresenta una biocenosi molto complessa e ben strutturata, caratterizzata da un'elevata variabilità biologica delle comunità vegetali ed animali che la compongono. Tale biocenosi è costituita dalla sovrapposizione di due popolamenti: una stratocenosi superiore fotofila presente sulle foglie ed una inferiore sciafila presente sui rizomi.

LEGENDA

A: limite progressivo
B: limite di erosione
C: limite di insabbiamento
R = ricoprimento

Figura A.6 *- Schematizzazione dei tre tipi di limite inferiore delle praterie (da: Meinesz e Laurent, 1978, modificato)*

a.4 Caratteristiche biotecniche

Per la verifica delle attitudini biotecniche dell'apparato radicale e rizomico di *Posidonia oceanica* si sono prelevati dai fondali antistanti la baia di Cavo nove campioni o zolle (di circa 20 cm di lato) rappresentativi del sedimento sabbioso, della matte morta e della matte viva dell'esistente prateria.
La sabbia, a struttura omogenea e molto sciolta, da media a fina (□ dei grani da 0,1 a 0,4 mm), è di tipo quarzifero con tracce di limonite ed ematite derivante da uno sversamento illegale di detriti di cava.
Le prove a taglio diretto con apparecchio Casagrande sono state eseguite su 3 provini per ciascun tipo di sedimento (sabbia, sabbia + matte morta, sabbia + matte viva) delle dimensioni di cm 6 x 6 x 2 sottoposti a 3 diversi carichi verticali efficaci (49, 98 e 147 kPa) ed alla stessa durata e velocità di deformazione (24 h e 0,03 mm/min).
Le prove, in condizioni drenate, hanno evidenziato, attraverso i parametri efficaci di coesione c ed angolo di attrito □, il significativo incremento della resistenza del substrato ad opera dei rizomi della fanerogama marina. Passando dalla sabbia alla sabbia + matte morta e alla sabbia + matte viva la coesione cresce rispettivamente da 0 kPa a 22 kPa e 24 kPa, mentre l'angolo d'attrito oscilla da 37° a 42°. La resistenza al taglio cresce da 130 kPa per la sabbia a oltre 160 kPa per la sabbia + matte senza peraltro arrivare alla rottura del provino.
L'esperienza dimostra l'efficacia di *Posidonia oceanica* nel compenetrare e rinforzare il sedimento, come una vera e propria terra rinforzata, proteggendo il fondale dall'azione erosiva del moto ondoso e delle correnti marine.

Figura A.7 *- Campione di matte viva sottoposto a prova di taglio diretto (da F. Boccalaro, 2007)*

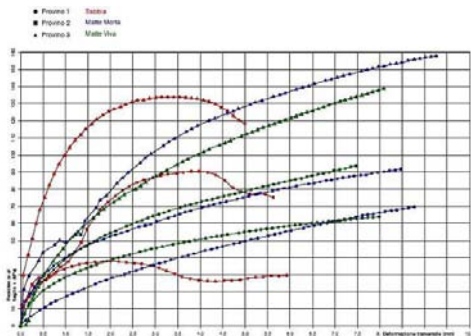



Figura A.8 *- Andamenti delle curve ottenute dalle prove di taglio diretto (da S. Cianci di GEO PLANNING, 2007)*

a.5 Cause di regressione

Le praterie di *Posidonia oceanica* regrediscono e scompaiono a causa dell'inquinamento. La loro progressiva regressione nel Mar Mediterraneo, che ha già determinato una rarefazione degli erbari lungo le coste settentrionali, è perciò particolarmente preoccupante. Anche lo scarso successo della riproduzione sessuata, determinando una diminuzione della variabilità genetica all'interno delle popolazioni, potrebbe aver reso la specie più vulnerabile rispetto ai cambiamenti delle condizioni ambientali. Le principali cause di rarefazione delle praterie sono comunque da collegare alla crescente pressione antropica sull'ambiente costiero, che ha prodotto un aumento di torbidità delle acque riducendo la capacità fotosintetica delle piante e determinando la regressione delle praterie.

Anche l'alta concentrazione di inquinanti organici, causando un eccessivo sviluppo algale, può provocare sia un aumento della torbidità delle acque che un eccessivo sviluppo di epifiti sulle foglie di *Posidonia oceanica*. In entrambi i casi viene ridotta l'intensità luminosa che raggiunge la pianta con conseguenze negative sulla sua sopravvivenza.

Non ultime le sostanze chimiche di vario genere (es. tensioattivi, metalli pesanti ecc.) che possono causare necrosi dei tessuti, alterazioni morfologiche e comunque interferire negativamente con i normali processi di accrescimento vegetale.

Inoltre la costruzione di porti e dighe, lo sbancamento e la cementificazione dei litorali possono interferire drasticamente con il normale regime idrodinamico e causare importanti alterazioni del tasso di sedimentazione creando, così, seri problemi alla stessa sopravvivenza delle praterie.

Un aumento degli apporti sedimentari favorisce, infatti, l'insabbiamento ed il conseguente soffocamento alla base della prateria, mentre una riduzione del sedimento provoca lo scalzamento dei rizomi e rende quindi l'erbario più sensibile a fenomeni di erosione.

Gli squilibri provocati nel sistema costiero dalla scomparsa delle praterie di *Posidonia oceanica*, studiati in molte aree del Mediterraneo, portano ad un impoverimento quantitativo e qualitativo delle biocenosi del sistema litorale ed ad una maggiore sensibilità delle coste verso fenomeni di erosione, che hanno un elevato impatto sia dal punto di vista naturalistico che economico.

Nell'intento di salvaguardare l'ecosistema a *Posidonia oceanica*, assume un'importanza basilare definire le aree occupate dalle praterie, studiarne la struttura, la fenologia ed i popolamenti epifiti. Per realizzare tale scopo si utilizzano metodologie di monitoraggio che, attraverso rilevamenti sul campo ed analisi in laboratorio, conducono a rappresentazioni cartografiche immediatamente interpretabili ed ad indicazioni sullo stato di salute delle praterie e dei popolamenti ad esse associati.

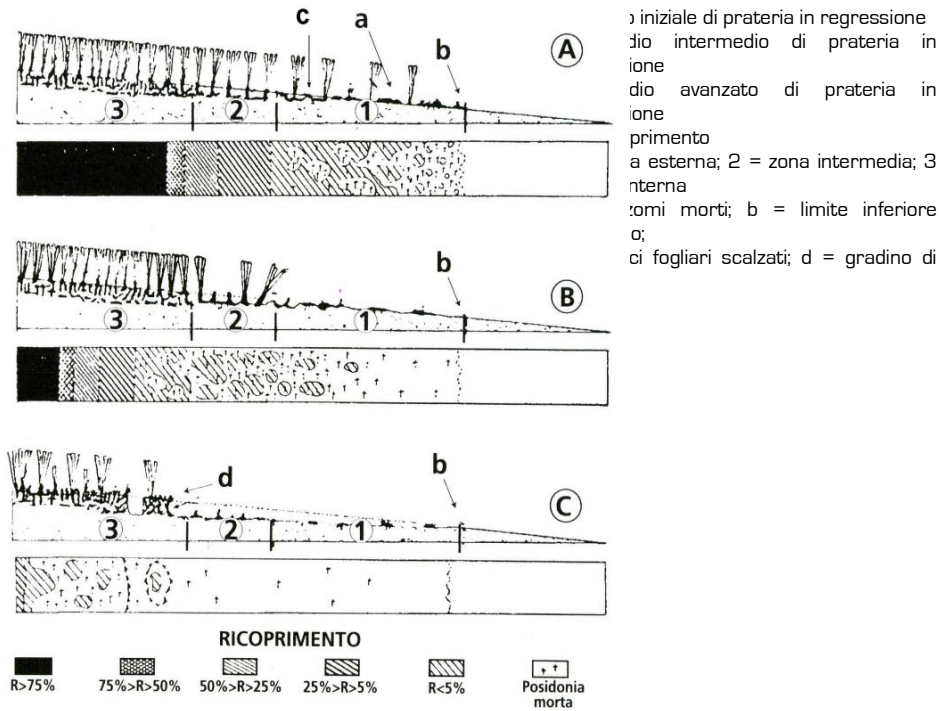



Figura A.9 *- Stadi di regressione delle praterie (da Meinesz e Laurent, 1978)*

a.6 Tecniche di ripristino

Le prime esperienze di trapianto in Italia sono state effettuate lungo i litorali tirrenici della Toscana e del Lazio nel periodo 1994 - 1995 volte al ripristino delle praterie su substrati mobili (Balestri *et al.*, 1998).
Questi progetti di rivegetazione sono stati programmati ed effettuati in aree costiere soggette ad impatto antropico ed in zone dove si sono verificati fenomeni di regressione delle praterie.
Le esperienze di trapianto sono state effettuate su aree morte di "matte" e/o su substrati incoerenti costituiti da ghiaie o ciottoli, utilizzando tecniche diverse quali il metodo su paletti (picchetti di ancoraggio infissi nel sedimento) e quello su griglie (georeti posate e fissate al fondo), ma in entrambi i casi gli esiti delle prove sperimentali sono stati condizionati dalle caratteristiche fisico-chimiche e granulometriche del substrato.
Si sono utilizzati semi provenienti da frutti di *Posidonia oceanica* spiaggiati sulla riva e successivamente coltivati in laboratorio od in alternativa giovani plantule trapiantate direttamente da praterie in fase di avanzata regressione. Il bilancio provvisorio di questi primi tentativi è risultato positivo e le tecniche di trapianto su paletti e su griglie hanno dato esiti favorevoli.
I progetti di rivegetazione devono essere sempre preceduti da approfonditi studi sulle caratteristiche abiotiche ed edafiche nel sito di trapianto ed integrati da tecniche di

ingegneria naturalistica quali materassi, paletti tutori, reti metalliche, rulli frangiflutti, ecc., intorno alla zona di intervento per proteggere l'erbario, in fase di accrescimento, dal moto ondoso e dalle correnti, assicurando così l'evoluzione positiva del sistema (Figura A.10).

	Descrizione
1.	Studio dei rilievi pedologici relativi al fondale (caratteristiche fisiche, chimiche, biologiche).
2.	Studio dei rilievi geologici ed idrologici.
3.	Studio dei dati fisici (luce, temperatura, velocità della corrente, maree), chimici (inquinamento) e biologici del corpo idrico.
4.	Studio dei rilievi vegetazionali del fondale o cartografici esistenti o loro esecuzione nell'ambito del futuro tratto da sistemare.
5.	Studio dei lavori preliminari relativi all'ecologia dei corpi idrici.
6.	Studio dei rilievi geomorfologici (erosione, deposito sedimenti, ecc.).

Nota - La profondità e la salinità dell'acqua, il suo idrodinamismo, nonché il tipo di sedimento del fondale, condiziona la scelta della specie da impiantare:

- *Posidonia Oceanica* predilige fondali oltre i due metri di profondità, salinità alta, corrente accentuata e sedimento a granulometria grossolana.
- *Cymodocea nodosa* predilige fondali oltre il metro di profondità, salinità media, corrente accentuata e sedimento a granulometria grossolana.
- *Zostera marina* predilige fondali oltre il metro di profondità, salinità media, corrente moderata e sedimento fine.
- *Zostera noltii* predilige fondali inferiori al metro di profondità (*barene, velme*), salinità media, corrente moderata e sedimento fine. E' una specie con cicli di crescita-deperimento imprevedibili.
- *Ruppia maritima* predilige fondali inferiori al metro di profondità (*ghebi, chiari*), salinità bassa, corrente moderata e sedimento sabbioso-limoso.

E' da evitare l'impianto di un vivaio. E' preferibile effettuare un trapianto in zolle (20×30 cm) a *nuclei di innesco* da praterie di rifornimento di buona qualità in tempi brevi (*max* 12 h) e durante la primavera, eventualmente con l'ausilio di reti metalliche o sintetiche a maglia larga (5-10 cm) ancorate al suolo.

Figura A.10 *- Lista di controllo per la progettazione di forestazione dei fondali marini e lagunari (da Boccalaro, 2004)*

a.7 Trapianti di fanerogame marine nella laguna di Venezia

A partire dalla primavera 1992, è stata condotta, per conto dell'Assessorato all'Ecologia del Comune di Venezia, una serie di trapianti con le tre specie di fanerogame marine presenti in Laguna (*Cymodocea nodosa, Zostera marina, Nanozostera noltii*) adeguatamente monitorati.
I trapianti sono stati effettuati mediante prelievo, con apposito carotatore, di zolle di sedimento all'interno di popolamenti puri ed omogenei (Rismondo *et al.*, 1995). Le zolle, aventi diametro di circa 20 cm e profondità di 25 cm, sono state conservate in appositi recipienti adatti al trasporto e reinserite, in sito di trapianto, nelle parcelle sperimentali di m 6 × 6. La massima cura è stata posta nel livellamento del materiale trapiantato per evitare fenomeni di scalzamento o di copertura.
Un altro metodo utilizzato in parallelo è consistito nella raccolta di rizomi con ciuffi fogliari terminali e nel successivo reimpianto mediante fissaggio degli stessi al sedimento con opportune graffe in plastica.
Nel quadro di un più ampio progetto di riassetto morfologico lagunare, si ritiene che gli interventi di trapianto a fanerogame marine siano attuabili, a condizione che i fenomeni di degrado ed i fattori potenzialmente limitanti lo sviluppo di queste

angiosperme in certe aree lagunari (forte torbidità, sviluppo di macroalghe, condizioni di stagnazione delle acque ecc.) siano eliminati almeno in parte.

Figura A.11 - Trapianto di fanerogame con la tecnica a zolle (da Consorzio Venezia Nuova, 2002)

a.8 Progetto di rivegetazione nell'oasi blu "Scogli di Isca"

Il W.W.F. Italia, nell'ambito delle azioni volte alla salvaguardia degli ambienti costieri del Mediterraneo, propone, tra le principali linee di intervento, la riforestazione dei fondali mediterranei in quelle zone maggiormente esposte alla pressione antropica.
Il progetto di tutela delle praterie di *Posidonia oceanica* in Calabria propone le seguenti azioni.
Un piano generale di monitoraggio di ambienti marini calabresi attraverso lo studio di biocenosi bentoniche e planctoniche e l'uso di marcatori biologici innovativi al fine di individuare molto precocemente cause di disturbo ambientale.
Un intervento di trapianto di fanerogame bentoniche costiere finalizzato alla rivegetazione di fondali in aree marine protette. Questo intervento prevede il rinfoltimento delle praterie di *Posidonia oceanica* sui fondali prospicienti il sito SIC "Scogli di Isca", Oasi Blu W.W.F. (6 ha), comune di Belmonte Calabro (CS), mediante il trapianto a talee ed a zolle di *Posidonia oceanica* e di *Cymodocea nodosa*, prelevate da idonee zone di rifornimento.
Il programma di ricerca prevede le seguenti azioni.

Nella fase propedeutica verranno condotte indagini conoscitive preliminari speditive (pedologiche, geomorfologiche, fisiche , chimiche, biologiche). Nella fase di espianto si reperiranno delle talee in siti di rifornimento dove le praterie di *Posidonia oceanica* e Cymodocea nodosa risultano integre ed in buono stato vegetativo e dalle quali prelevare i campioni idonei per il trapianto.
Nella fase di trasporto verranno dislocate le stesse talee e le relative zolle in contenitori umidi con mezzi di trasporto terrestri entro 12 ore dal prelievo.
La fase successiva prevede la messa a dimora di talee e zolle di fanerogame marine nelle zone di rivegetazione su matte morta, in 5 parcelle di reimpianto. Saranno sperimentati diversi sistemi di ancoraggio al fondo delle piantine trapiantate, allo scopo di favorirne il processo di accrescimento vegetativo nella fase critica del periodo post-germinativo delle specie ed al fine di testare l'efficacia delle tecniche applicate: tecnica a paletti tutori + rulli in geotessile, tecnica a geogriglia + rete metallica + rulli in geotessile, tecnica a biorete + rete metallica + rulli in geotessile, tecnica a materassi in rete metallica + georivestimenti.
Nella fase di messa in sicurezza verranno poste in opera recinzioni, segnalazioni e protezioni della zona oggetto di intervento. Nella fase divulgativa verrà predisposto un manuale operativo sulla realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica per la rivegetazione di fondali marini.

a.9 Progetto di rivegetazione a cavo nell'Isola d'Elba

Una recente sperimentazione, finalizzata a testare nuove tecniche di rivegetazione (con metodologie di ingegneria naturalistica) applicate alle praterie di *Posidonia oceanica* degradate, è stata condotta sulle praterie di Baia di Cavo,nel Comune di Rio Marina (Isola d'Elba). Le metodologie di sperimentazione hanno previsto l'espianto di talee ortotrope e plagiotrope provenienti da praterie della Baia di Cavo, il trasporto delle talee nel sito di riferimento individuato ed il successivo trapianto.
Sono stati sperimentati diversi sistemi di ancoraggio e di rivestimenti antierosivi al fondo per le talee, allo scopo di favorirne la crescita vegetativa nella fase critica del periodo post-germinativo delle specie ed al fine di testare l'efficacia delle tecniche applicate. L'intervento ha comportato le seguenti operazioni.
Nella fase di espianto si è effettuato un prelievo complessivo di 240 rizomi ortotropi e plagiotropi (ciascuno composto da 3 ciuffi fogliari) di *Posidonia oceanica*.
Nella fase di trapianto, si sono individuate 10 parcelle di reimpianto, tutte ubicate nel sito di Baia di Cavo, di 1 mq ciascuna. Le tecniche di fissaggio utilizzate variano dalla geostuoia in polipropilene + rete metallica alla biorete in agave + rete metallica e al materasso in rete metallica rinverdito.
Su ogni supporto, sono state posizionate circa 20 talee di *Posidonia oceanica*: quelle inserite sulle geostuoie sono state fissate singolarmente con filo metallico plastificato.
La sperimentazione è iniziata nel mese di Settembre 2006 e durerà alcuni anni. Verranno effettuati dei sopralluoghi con cadenza stagionale per effettuare il monitoraggio del reimpianto.
Per la verifica della riuscita del trapianto verrà predisposto un articolato piano di monitoraggio con l'ausilio di apposite schede di campionamento per la verifica:

- della stabilità e resistenza all'idrodinamismo marino delle strutture posizionate,;
- della compatibilità della *Posidonia oceanica* con le strutture scelte (misurata attraverso la ripresa vegetativa delle talee e il tasso di sopravvivenza dei rizomi trapiantati).

Figura A.12 *- Squadra al lavoro per la posa dei rivestimenti (da Boccalaro, 2006)*

Figura A.13 *- Posa in opera del materasso sul fondale (da Cinelli, 2006)*

Figura A.14 *- Materasso rinverdito su fondale dopo 7 mesi (da Cinelli, 2007)*

Successivamente al trapianto è stata effettuata una serie di controlli, per rilevare lo stato di conservazione dei materiali e la stabilità dei rivestimenti e delle talee all'azione del moto ondoso e delle correnti.
Nel complesso le strutture utilizzate si sono rilevate adatte all'uso in mare, grazie alla loro capacità di resistenza alle condizioni meteo marine avverse ed alla corrosione marina, caratteristiche che le rendono degli ottimi ancoraggi per le operazioni di reimpianto con talee di fanerogame marine. In particolare si consiglia l'uso delle geostuoie in "Macmat R" per i reimpianti su *matte* morta in presenza di altre macroalghe o di fanerogame marine, grazie alla struttura agugliata del materiale, che permette la crescita delle macrofite all'interno della stuoia stessa, aumentando così la sua stabilità e l'integrazione con l'ambiente bentonico. Per i reimpianti su substrato sabbioso sembra invece da preferirsi l'uso del materasso "Reno" rivestito, grazie alla sua elevata stabilità, dovuta al riempimento con sabbia, che elimina la necessità di ancoraggio. Infine l'utilizzo delle bioreti in agave è da preferire per le attività di reimpianto da svolgere in aree di particolare pregio naturalistico con basso idrodinamismo, laddove il collocamento in mare di materiali biodegradabili è consigliabile al fine di evitare ogni possibile impatto sull'ambiente marino.

Conclusioni

Le tecniche di trapianto di fanerogame bentoniche costiere nelle regioni mediterranee potrebbero costituire una soluzione ideale per il recupero morfologico dei litorali italiani. Si potrebbe infatti programmare nel tempo un piano più ampio e generale di riforestazione delle praterie di *Posidonia oceanica* sui fondali costieri del Mediterraneo a difesa di zone litorali esposte al fenomeno dell'erosione costiera.
Gli interventi di rivegetazione dovranno essere sempre preceduti da approfonditi studi sulle caratteristiche abiotiche ed edafiche nel sito di trapianto ed integrati da tecniche di Ingegneria Naturalistica quali materassi, paletti tutori, reti metalliche, rulli frangiflutti ecc., intorno alla zona di intervento per proteggere l'erbario, in fase di

accrescimento, dal moto ondoso e dalle correnti, assicurando così l'evoluzione positiva del sistema.
Si potrebbe, quindi, ipotizzare in un prossimo futuro di ricostruire quella barriera vegetale parallela alla linea di costa che un tempo cingeva e proteggeva gran parte delle coste mediterranee.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va a Marina Burgassi e Francesco Rende (ICRAM), per il prezioso aiuto durante le attività di campo, e a Stefano Cianci (GEOPLANNING), per l'assistenza tecnica nell'ambito delle prove effettuate in laboratorio.

Bibliografia

AA.VV., Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica, Patron, Bologna, 1995.
AA.VV., "Salvaguardia della Laguna di Venezia: con l'acqua e contro l'acqua". Consorzio Venezia Nuova, Venezia, 2000.
AA.VV., Manuale di Ingegneria Naturalistica vol. 2° (cap. 19), Regione Lazio, Roma, 2003.
AA.VV., Aree Costiere atti n° 205, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 2004.
AA.VV., Atlante delle opere di sistemazione costiera, APAT, Roma, 2007.
AA.VV., La gestione strategica della difesa dei litorali per uno sviluppo sostenibile delle zone costiere del Mediterraneo, Beachmed, Roma, 2007.
AA.VV., Progetto LIFE Natura - Azioni concertate per la salvaguardia del litorale veneto – Gestione di habitat dunali nei siti Natura 2000, Veneto agricoltura – Servizio Forestale Regionale per le Province di Treviso e Venezia - Padova e Rovigo, Padova, 2007.
AA.VV., Il ripristino degli ecosistemi marino-costieri e la difesa delle coste sabbiose nelle Aree Protette, ISPRA, Roma, 2009.
BALESTRI E., PIAZZI L. e CINELLI F. (1998). "Survival and growth of transplanted and natural seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in a damaged coastal aerea". Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 228, 209-225 (Pisa).
BEECH N. W., BRAMPTON A. H., SIMM J. D., *et al.*, Beach management manual, CIRIA, Londra, 1996.
BLOTT S., PYE K., SAYE S., Sand dune processes and management for flood and coastal defence, DEFRA, Londra, 2007.
BOCCALARO F. e CANTASANO N. "Forestare il mare". ACER,3. Il Verde Editoriale, Milano, 2001.
BOCCALARO F., BURGASSI M., CINELLI F., RENDE F., ZANELLA *e al.* "Nouvelle méthode de réimplantation de phanérogames marines dans la méditerranée". Symposium Mediterraneen sur la vegetation marine, Marsiglia, 2007.
BOCCALARO F., Difesa del Territorio e Ingegneria Naturalistica. Dario Flaccovio, Palermo, 2006.
BOUDOURESQUE C.F. e MEINESZ A. Découvert de l'herbier de Posidonie. Cah. Parc. Nation. Port-Cross, Fr., 4: 1-79, 1982.
BOVINA G., Restauro e conservazione delle dune costiere, Professione geologo - Rivista dell'Ordine dei Geologi del Lazio, Roma, 2004.
CORNELINI P., FEDERICO C., PIRRERA G., Arbusti autoctoni mediterranei per l'Ingegneria Naturalistica, Azienda Regionale Foreste Demaniali – Collana Sicilia Foreste n° 40, Palermo, 2008.

DE FALCO G., SIMEONE S., BAROLI M. La rimozione della Posidonia dalle spiagge: conseguenze sulla stabilità dei litorali. Fondazione IMC, Oristano: 1-14, 2006.

GISOTTI G., Principi di Geopedologia, Calderini, Bologna, 1991.

MATEO M.A. e ROMERO J. Detritus dynamics in the seagrass *Posidonia oceanica*: elements for an ecosystem carbon and nutrient budget. Mar. Ecol. Prog. Ser., 151: 43-53, 1997.

MAZZELLA L., SCIPIONE M.B., GAMBI M.C., FERSI E., BUIA M.C., RUSSO G.F., DE MAIO R., LORENTI M., RANDO A. "Le praterie sommerse del Mediterraneo". Ed. Laboratorio di ecologia del benthos della Stazione Zoologica "Anton Dohrn" di Napoli, Ischia: 59 pp., 1986.

McHARG IAN L., Progettare con la Natura, Franco Muzzio, Padova, 2007.

MEDINA J.R., TINTORÉ J, DUARTE C.M. Las praderas de *Posidonia oceanica* y la regeneración de playas. Rev. De Obras Públicas, 3 (409): 31-43, 2001.

PEIRANO A., BIANCHI N.C. "Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea)". In: Proc. 30th European marine biological Symposium, 87-95. (Southampton), 1995.

PIAZZI L. e CINELLI F., "Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts". In: CINELLI F., FRESI E., LORENZI C., MUCEDOLA A. (eds). "*Posidonia oceanica* , a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem". Rivista Marittima publ, Italie: 69-71, 1995.

PROVINCIA DI LIVORNO Linee guida "Gestione integrata della *Posidonia oceanica*". Provincia di Livorno. Assessorato alla difesa suolo e coste: 1-32, 2006.

RISMONDO A., CURIEL D., SOLAZZI A., MARZOCCHI M., CHIOZZOTTO E., SCATTOLIN M. "Sperimentazione di trapianto a fanerogame marine in Laguna di Venezia: 1992-1994". Società Italina di Ecologia, Atti 16, 683-685, 1995.

SCHIECHTL Hugo Meinhard, Bioingegneria forestale, Castaldi, Feltre, 1991.

WALLINGFORD H.R., A guide to managing coastal erosion in beach/dune systems, Scottish Natural Heritage, Inverness, 2000.

ATTI